This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

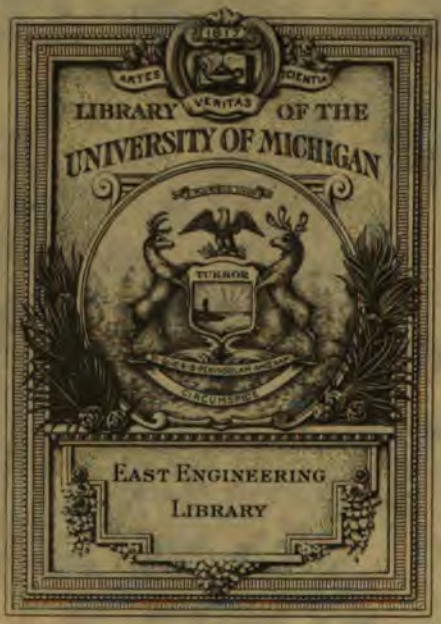
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 469160

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

East Engin.
Library
TP
270
.A2
M53

Digitized by Google

Digitized by Google

MANUEL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

Digitized by Google

Digitized by Google

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'AUTORISATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME QUINZIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1909-1910

Digitized by Google

Tous droits de traduction et de reproduction réservés.

Digitized by Google

East Eng. Lib.
Dept. Eng. Res.
8-4-37

NOTE

SUR

LA CONSERVATION DE LA POUDRE B;

PAR

L. LHEURE,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

On sait que les poudres B subissent dès la température ordinaire une décomposition lente, caractérisée par l'émission de produits nitreux. Quand la température s'élève, la vitesse de décomposition augmente très rapidement. Il est, par suite, extrêmement difficile d'assurer une conservation un peu prolongée de ces poudres dans des locaux à température élevée, comme les soutes de navires ou les magasins de la plupart des colonies.

On a cherché à ralentir la vitesse de décomposition des poudres B, soit en modifiant les procédés de fabrication (limitation de la température de l'eau pour les lavages, suppression des trempages en vert pour les poudres minces, etc.), soit en modifiant la composition des poudres (addition d'alcool amylique, de trinitronaphtaline, de diphénylamine, d'urée, etc.). Par ces modifications on est arrivé à augmenter très notablement la stabilité des poudres, sans toutefois résoudre complètement le problème de la conservation.

Nous avons entrepris des recherches de laboratoire dans un ordre d'idées différent, en agissant, non plus sur la poudre, mais sur l'atmosphère qui la baigne. L'avantage d'une solution dans ce sens serait de s'appliquer aux poudres de l'approvisionnement actuel et non pas seulement aux poudres à fabriquer dans l'avenir.

Nous nous sommes proposé d'étudier la conservation des

Digitized by Google

poudres B en tubes scellés et dans des atmosphères variées (air, azote, acide carbonique) tantôt en laissant les produits nitreux de décomposition dans l'atmosphère de la poudre, tantôt en fixant ces produits sur des corps absorbants comme la bourre de soie ou la diphénylurée. (Les expériences de M. l'ingénieur en chef Vieille ont montré que ces corps fixaient facilement les composés nitreux.)

Nous avons limité l'étude de la conservation aux températures élevées (110° et 75°); d'après l'allure de la décomposition à ces deux températures, on peut prévoir avec une assez grande certitude la durée de conservation aux températures plus basses.

Nous nous proposons dans cette Note de rendre compte des essais effectués jusqu'à ce jour en indiquant :

1° Les conditions expérimentales dans lesquelles on s'est placé;
2° Les résultats obtenus dans les différents essais;
3° Les hypothèses susceptibles d'expliquer ces résultats;
4° Les conclusions au point de vue de la conservation pratique.

I. — CONDITIONS EXPÉRIMENTALES.

Les essais ont consisté à soumettre à un chauffage continu de jour et de nuit, soit à 110°, soit à 75°, des échantillons de poudres renfermés dans des tubes de verre et à juger ensuite du degré d'altération des poudres : 1° d'après les résultats de l'épreuve ordinaire à 110° à durées totalisées; 2° d'après la variation du taux d'azote; 3° d'après des épreuves de tir dans le fusil modèle 1886.

On a mesuré également, dans la plupart des essais, le taux d'humidité des échantillons après chauffage, leur perte de poids et, pour certains échantillons chauffés en tubes scellés, la valeur de la pression à l'intérieur des tubes.

Préparation des tubes. — On a préparé des tubes renfermant :

Une atmosphère d'air ordinaire avec ou sans bourre de soie,
Une atmosphère d'azote avec ou sans bourre de soie,
Une atmosphère d'acide carbonique avec ou sans bourre de soie.

Digitized by Google

Ces tubes, de 16^{mm} de diamètre intérieur et 2^{mm} d'épaisseur, étaient fermés à une extrémité. L'autre extrémité était :

Soit ouverte sur toute la section (16^{mm} de diamètre),

Soit ouverte après étirage en pointe (ouverture de 1^{mm} environ),

Soit scellée au chalumeau.

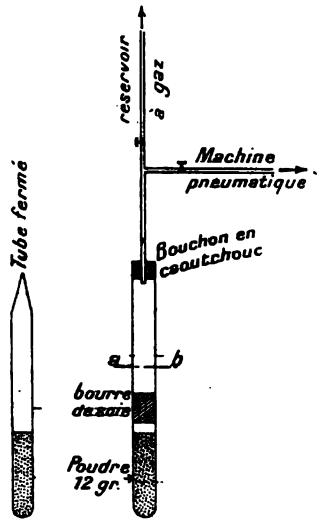
On obtenait l'azote en absorbant l'oxygène de l'air soit à froid par le cuivre et l'ammoniaque, soit à chaud par le cuivre au rouge. Le gaz était débarrassé d'ammoniaque, d'acide carbonique et d'eau par passage dans des flacons renfermant de l'acide sulfurique, de la potasse et enfin du chlorure de calcium.

L'acide carbonique était préparé par action de l'acide sulfurique sur le marbre.

La bourre de soie était obtenue en râpant le cordonnet qui sert au bottelage des poudres, faisant sécher la matière et l'exposant ensuite 48 heures environ dans l'atmosphère du laboratoire.

Pour préparer un tube contenant de la bourre de soie et un gaz

Fig. 1.



inerte, on y introduisait d'abord 12^{g} de poudre, puis un tampon de 2^{g},5 à 3^{g} de bourre de soie qu'on arrêtait à 2^{cm} de la poudre. On bouchait au caoutchouc et l'on reliait le tube (par un T muni de

Digitized by Google

robinets) d'une part à une machine pneumatique et d'autre part au réservoir de gaz (croquis ci-contre). On faisait le vide, on remplissait de gaz, on recommençait l'opération 5 ou 6 fois, puis on fermait le tube au chalumeau dans la partie *ab*, de manière à réduire sa hauteur à 25^{cm} environ.

Pour les tubes ne renfermant pas de gaz inerte, la préparation consistait seulement à sceller les tubes après introduction de la poudre.

Dans quelques essais, on a remplacé la bourre de soie par de la diphénylurée séparée de la poudre par une toile métallique en cuivre à mailles très serrées.

Chauffage des tubes. — Le chauffage a été effectué dans les étuves d'Arsonval à thermorégulateur qui servent aux épreuves de stabilité des poudres B. Pour les chauffages à 110°, la température intérieure de l'étuve était 108°,5; pour les chauffages à 75°, elle était intérieurement de 75°.

Les tubes à comparer étaient placés verticalement côte à côte dans un treillis métallique qu'on introduisait à l'intérieur des étuves.

Après la sortie de l'étuve, les tubes étaient laissés 24 heures en repos pour permettre le refroidissement de la poudre, qui était ensuite soumise aux différentes épreuves susceptibles de caractériser son état de décomposition.

Épreuves d'azote. — Ces épreuves ont été faites par la méthode Schlœsing. Pour arriver à une décomposition régulière de la poudre, on a été amené à chauffer très légèrement, et l'épreuve a duré en moyenne 1 heure, alors qu'en opérant sur du coton-poudre une durée de 15 minutes est suffisante en général.

Dans des dosages d'azote effectués sur des cotons ou des papiers nitrés, l'opérateur chargé des essais avait trouvé des chiffres très peu différents de ceux du Laboratoire central des Poudres. Dans une comparaison faite sur le papier nitré Marga, on a trouvé au Laboratoire central 216$^{cm^3}$,3 (moyenne des deux essais ayant donné 215$^{cm^3}$,3 et 217$^{cm^3}$,3 de AzO par gramme) et 216$^{cm^3}$,2 au Laboratoire de Sevran (moyenne des cinq essais ayant donné 216$^{cm^3}$,3; 216$^{cm^3}$,4; 215$^{cm^3}$,4; 216$^{cm^3}$,7 et 216$^{cm^3}$,5).

Digitized by Google

Épreuves de chauffage à 110° à durées totalisées et épreuves de tir. — Ces épreuves ont été effectuées dans les conditions réglementaires par les opérateurs chargés des épreuves de la fabrication courante. Les chiffres obtenus à la Poudrerie sont toujours très comparables à ceux trouvés au Laboratoire central des Poudres.

Mesure des pressions. — Pour mesurer la pression dans les tubes scellés, on coiffait l'extrémité, étirée en pointe, d'un tube de caoutchouc relié à un manomètre métallique et l'on brisait ensuite la pointe du tube en verre. Les pressions mesurées ainsi sont un peu faibles, puisque le volume offert aux gaz du tube se trouve légèrement augmenté. On n'a pas tenu compte de l'erreur commise, qui est de l'ordre de grandeur des erreurs de lecture au manomètre.

Les tubes scellés n'ont été ouverts qu'après un refroidissement de 24 heures au moins. Les chiffres de pressions correspondent par suite aux pressions qui subsistent après le chauffage et non pas aux pressions qui s'exercent dans le tube pendant le chauffage.

II. — RÉSULTATS DES ESSAIS.

A. — Chauffage à 110°.

Première série. Essais préliminaires. — Dans une première série d'essais on a cherché à s'assurer que des chauffages prolongés en tubes scellés ne présentaient aucun danger pour les opérateurs.

On a préparé des ballons scellés en verre blanc *très mince* renfermant 10^g de poudre BF et une atmosphère d'azote. On les a soumis à un chauffage continu à 110° dans une étuve spéciale en ne mettant qu'un seul ballon à la fois dans l'étuve. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110°.

Poudre BF (AM), 2-1902-SL,
donnant à l'épreuve ordinaire à 110° : 49h 50m et 50h 10m.
Moyenne 50h 10m.

N°s des ballons.	CARACTÉRISTIQUES des ballons.	DURÉE des chauffages continus à 110°.	DURÉE des épreuves à 110° à durées totalisées consécutives au chauffage continu.	OBSERVATIONS.
1.....	Ballon scellé plein de Az.	h m 150.00	h m 7.50	Après 150h le ballon s'est pulvérisé avec un bruit violent sous l'action de la pression. La poudre, restée plusieurs heures en contact avec le fond de l'étuve, a été recueillie et soumise à l'épreuve ordinaire à 110°.
3.....	Id.	124.30	22.40	Après 124h30m le ballon s'est brisé avec bruit. La poudre est restée 10h25m (une partie de la nuit) en contact avec les parois de l'étuve chauffée avant d'être soumise à l'épreuve à 110°.
6.....	Id.	226.00	19.35	Après 226h le ballon se brise avec un bruit très violent. La poudre reste 4h40m au contact des parois de l'étuve allumée, puis est soumise à l'épreuve ordinaire à 110°.

En résumé, le seul danger à redouter dans le chauffage en tube scellé paraît être la rupture des tubes d'essais sous l'action de la pression; il est facile d'éviter ce danger en prolongeant un peu moins le chauffage des poudres.

De plus, le chauffage en tubes scellés dans une atmosphère d'azote paraît de nature à présenter des avantages au point de vue conservation à 110°.

Deuxième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu en tubes complètement ouverts à l'air et le chauffage continu en tubes scellés dans une atmosphère de CO^2 sans bourre de soie.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110°.

Poudre BF (AM), 2-1902-SL, donnant 50h de résistance à 110°.

N°s des tubes.	CARACTERISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 110°.	DURÉE de l'épreuve de chauffage à 110° à durées totalisées consécutive au chauffage à 110°.	ÉPREUVES D'AZOTE. Nombre de centimètres cubes de AzO par gramme. APRÈS le chauffage continu à 110°.	APRÈS le chauffage continu et le chauffage à durées totalisées.
»	Tube ouvert à l'air.	30h	h m 4.15	»	189 / 190 } 189,5
»	Id.	40h	2.35	»	195 / 198 } 196,5
»	Id.	43h	2.25	»	»
22...	Tube scellé. Atmosphère de CO^2.	33h 30m	54.45	191 / 193 } 192	196 / 198 } 197
23...	Id.	73h (en 2 chauffages de 34h et 39h séparés par un repos de 48h).	27.50	194 / 194 } 194	194 / 194 } 194
24...	Id.	100h (en 3 chauffages de 34h, 39h et 27h séparés par des repos de 48h).	25.35	187,5 / 187,5 } 187,5	190 / 190 } 190
25...	Id.	143h (en 4 chauffages).	»	»	Tube brisé sous l'action de la pression (1).
26...	Tube scellé, air et bourre de soie.	33h 30m	40.50	196 / 196 } 196	196 / 197,5 } 197
27...	Id.	73h (en 2 chauffages de 34h et 39h).	37.20	197 / 197 } 197	196 / 195 } 195,5
28...	Id.	100h (en 3 chauffages de 34h, 39h et 27h).	42.50	187 / 187 } 187	189 / 191 } 190
29...	Id.	143h (en 4 chauffages).			Tube brisé sous l'action de la pression (1).

(1) Un des tubes 25 et 29 s'est brisé, déterminant la rupture de l'autre tube. La poudre n'a pas brûlé.

Digitized by Google

Nota. — On a essayé de mesurer la pression dans les tubes 23, 24, 27 et 28, mais cette pression a toujours déterminé la rupture du raccord en caoutchouc.

Dans les tubes scellés renfermant de l'air, on a constaté qu'à la partie supérieure, sur une hauteur de 1^{cm} environ, la poudre avait une teinte un peu rougeâtre comparable à celle des matières fabriquées avec les poudres B de démolition. Cette particularité a été constatée dans tous les chauffages à 110^{o} et 75^{o} en atmosphère d'air.

En résumé, les essais montrent la supériorité, au point de vue de la conservation à 110^{o}, des tubes scellés sur les tubes ouverts, que ces tubes scellés renferment de l'acide carbonique ou de l'air avec de la bourre de soie.

On voit qu'en tubes scellés la stabilité à 110^{o} ne diminue que très lentement. La poudre subit une décomposition très lente indiquée par la baisse du taux d'azote.

Au fur et à mesure de la prolongation du chauffage, la pression augmente dans les tubes jusqu'à en déterminer la rupture.

Troisième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu en tubes largement ouverts à l'air;

Le chauffage continu en tubes largement ouverts à l'air en présence de bourre de soie;

Le chauffage continu en tubes largement ouverts à l'air en présence de diphénylurée.

On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110°.

Poudre BF (AM), mélange 13, 1902,
donnant à l'épreuve ordinaire à 110° : 52^h35^m, 42^h50^m et 46^h55^m.
Moyenne 47^h47^m.

NUMÉROS des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 110°.	DURÉE de l'épreuve à 110° à durées totalisées consécutives au chauffage à 110°.		ÉPREUVE D'AZOTE. Volume de AzO par gramme de poudre ayant subi les deux séries de chauffage à 110°.	
		h	h m	h m		
64.....	Tube ouvert à l'air.	40	2.15	1.57	197	197
65.....	Id.	»	1.50		197	
66.....	Id.	»	1.45			
58.....	Tube ouvert. Air et bourre de soie.	»	2.10	2.22	118	199
59.....	Id.	»	2.15		200	
60.....	Id.	»	2.40			
61.....	Tube ouvert. Air et diphénylurée.	»	3.15	2.44	201	201
62.....	Id.	»	2.40		201	
63.....	Id.	»	2.30			

En résumé, on voit que l'absorption des produits nitreux dans l'atmosphère de tubes ouverts ne ralentit en rien la décomposition des poudres.

Quatrième série d'essais. — On a fait la comparaison entre :

Le chauffage continu en tubes ouverts;

Le chauffage continu en tubes scellés dans une atmosphère d'air sans aucun absorbant de produits nitreux.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110°.

BF (AM), mélange 13, 1902, donnant aux épreuves les résultats suivants :
Humidité 2,25 pour 100. Volume d'AzO par gramme 203.
Épreuves à 110° : 52^h35^m, 42^h50^m et 46^h55^m. Moyenne 47^h47^m.

N°s des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	ÉPREUVES DIVERSES après le chauffage continu.					VOLUME DE AzO par gramme.	
		DURÉE du chauffage continu à 110°.	PRESSION à l'intérieur des tubes.	HUMIDITÉ de la poudre.	PERTE pour 100 de poids (humidité et dissolvant).	DURÉE de l'épreuve à 110° à durées totalisées.	APRÈS le chauffage continu.	APRÈS les deux séries de chauffage.
75....	Tube ouvert à l'air.	h 40	k 0	»	6,5 %	h m 0.25	195 195 | 195	192 192 | 192
76....	Id.	50	0	»	4,2	0.35	196 196 | 196	196 194 | 195
73....	Tube scellé. Air sans aucun absorbant de corps nitreux.	40	0	»	5,3	0.25	Tube fêlé pendant le chauffage. On a recommencé l'essai avec les tubes 87 et 88.	
87....	Id.	40	0,800	2,63	1,0	22.20	197 197 | 197	200 198 | 199
88....	Id.	40	0,800	2,60	1,0	22.30	195 197 | 196	197 197 | 197
74....	Id.	50	1,000	2,32	2,0	23.25	195 197 | 196	»

En résumé, les essais montrent que la conservation à 110° en tubes scellés avec atmosphère d'air est avantageuse, même quand on n'absorbe pas les produits nitreux.

Cinquième série d'essais. — On a fait la comparaison entre :

Le chauffage continu en tubes ouverts;

Le chauffage continu en tubes scellés dans une atmosphère d'air avec tampon de bourre de soie;

Le chauffage continu en tubes scellés dans une atmosphère d'air sans aucun absorbant de produits nitreux.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110°.

BF (AM), mélange 13, 1902, donnant aux épreuves les résultats suivants :
Humidité 2,25 pour 100. Volume d'AzO par gramme 203.
Épreuves à 110° : 52^h35^m, 42^h50^m et 46^h55^m. Moyenne 47^h47^m.

N°s des tubes.	CARACTERISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 110°.	ÉPREUVES DIVERSES après le chauffage continu.				OBSERVATIONS.
			PRESSION à l'intérieur des tubes.	HUMIDITÉ de la poudre.	PERTE pour 100 de poids (humidité et dissolvant).	DURÉES de l'épreuve à 110° à durées totalisées	
		h	k			h m	
136...	Tubes ouverts à l'air.	40	0		2,9	2.20	
137...	Id.	40	0		4,3	0.27	
133...	Tubes scellés. Air et bourre de soie.	40	0,400		1,2	32.50	
138...	Id.	40	0,850		2,7	33. 5	
132...	Id.	73	0,900		2,7	30.10	
135...	Tubes scellés. Air seul.	40	0		7,2	2.10	Le tube était fêlé. La fêlure a été constatée après 30m de chauffage.
139...	Id.	40	0		2,0	26.20	Tube fêlé.
140...	Id.	40	0,800		1,3	24.10	Tube intact.
134..	Id.	73	0,900		2,6	22.40	Id.

En résumé, il résulte des essais qu'il y a avantage à absorber les produits nitreux dans l'atmosphère des tubes scellés au moyen de bourre de soie.

Sixième série d'essais. — On a fait la comparaison pour différentes poudres entre :

Le chauffage continu en tubes complètement ouverts à l'air, et le chauffage continu en tubes scellés dans une atmosphère d'air avec bourre de soie.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus :

Digitized by Google

Chauffage continu à 110° sur différentes poudres conservées en magasin.

NUMÉROS DES TUBES.	NATURE de la poudre.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu.	PRESSION dans les tubes.	ÉPREUVES DIVERSES après le chauffage continu.		
					HUMIDITÉ de la poudre (pour 100).	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	DURÉE de l'épreuve à 110° à durées totalisées.
			h	k			h m
91...	BC (AM), 1er lot, 1900, SL.	Tube ouvert à l'air.	40	0	0	3,6	3.45
92...	Id.	Id.	50	0	0	3,7	0.50
93...	Id.	Tube scellé. Air et bourre de soie.	40	1	1,70	1,9	25.50
94...	Id.	Id.	50	1	1,84	2,8	20.45
95...	BSP (AM), Mel. 5, 1903, SL.	Tube ouvert à l'air.	40	0	0	4,2	26.10
96...	Id.	Id.	50	0	0	3,8	16.45
97...	Id.	Tube scellé. Air et bourre de soie.	40	0,9	1,70	2,3	45.50
98...	Id.	Id.	50	1,0	2,46	3,3	69.50
115...	BSP (U), Échant. 1, 1901.	Tube ouvert.	50	0	»	»	6.50
116...	Id.	Tube scellé. Air et bourre de soie.	50	1,10	»	»	50.50
117...	BSP (TN), Échant. 1, 1901.	Tube ouvert.	50	0	»	»	29.10
118...	Id.	Tube scellé. Air et bourre de soie.	50	1	»	»	85.50
99...	BM 5 (AM), 2e lot, 1899, SL.	Tube ouvert.	40	0	0	4,2	34.20
100...	Id.	Id.	50	1,0	0	4,7	23.20
101...	Id.	Tube scellé. Air et bourre de soie.	40	0,9	1,36	2,2	54.50
102...	Id.	Id.	50	1,0	1,69	3,3	50.50

En résumé, les essais effectués sur des poudres B variées confirment les résultats obtenus avec la poudre BF dans les chauffages en tubes scellés en présence d'air et de bourre de soie.

Digitized by Google

B. — Chauffage à 75°.

Septième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu à 75° en tubes complètement ouverts à l'air;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés renfermant une atmosphère d'azote;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés renfermant de l'air et de la bourre de soie.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus :

Chauffage continu à 75°.

Poudre BF (AM), 2-02 S. L.,
donnant aux épreuves les résultats suivants :

Volume de AzO par gramme.		Chauffage à 110° (durées totalisées).	
200	201	49h 50m	50h
202		50h 10m	

NUMÉROS DES TUBES.	CARACTERISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 75°.	ÉPREUVES DIVERSES après chauffage à 75°.		OBSERVATIONS.
			ÉPREUVE ordinaire à 110° à durées totalisées.	ÉPREUVE DE AZ. Volume de AzO par gramme après chauffage à 75° et épreuve à 110°.	
»	Tube ouvert.	40 jours	h m 0.35	198,5	198,5
»	Id.			198.5	
»	Id.	40	0.50	193,5	193,5
				193,5	
10....	Tube scellé. Atmosphère de Az.	43	37.50	196	195
				194	
11....	Tube scellé. Atmosphère de Az.	43	37.20	192,0	191,5
				191,0	
14....	Tube scellé. Air et bourre de soie.	40	53.45	197,5	197,5
				197,5	
15 ...	Id.	61	50.20	196,0	195,0
				194,0	

Digitized by Google

En résumé, on voit que pour la conservation à 75° les tubes scellés présentent un avantage considérable sur les tubes ouverts.

Huitième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu à 75° en tubes complètement ouverts;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés dans une atmosphère d'acide carbonique sans bourre de soie;

Le chauffage en tubes scellés dans une atmosphère d'acide carbonique avec bourre de soie.

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus :

Chauffage continu à 75°.

BN³F, charge 584 de 1902 (*avant lissage et plombaginage*), ayant donné aux épreuves les résultats suivants :

AzO par gramme.		Épreuve à 110° (durées totalisées).	
206 / 202	204	15h40m / 23h50m	19h45m

NUMÉROS DES TUBES.	CARACTERISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 75°.	ÉPREUVE ordinaire à 110° à durées totalisées.	VOLUME DE AzO par gramme.	
				APRÈS chauffage à 75°.	APRÈS chauffage à 75° et épreuves à 110°.
		jours	h m		
»	Tube ouvert à l'air.	11	5.55	»	»
»	Id.	18	0.40	»	189 / 189 — 189
16. ...	Tube scellé avec CO^2.	16	17.35	199 / 199 — 199	200 / 200 — 200
17.....	Id.	30	15.50	199 / 199 — 199	200 / 201 — 200,5
18.....	Tube scellé avec CO^2 et bourre de soie.	16	12.40	197 / 197 — 197	»
19.....	Id.	30	11.20	199 / 200 — 199,5	199 / 201 — 200
20.....	Tube scellé, air et bourre de soie.	16	20.50	201 / 199 — 200	197 / 200 — 198,5
21.....	Id.	30	11.30	197,5 / 198,5 — 198	201 / 201 — 201

Digitized by Google

En résumé, on retrouve avec une poudre BN^3F, à très faible stabilité, un bénéfice très accentué dans la conservation en tubes scellés. Les atmosphères de CO^2, avec ou sans bourre de soie, donnent des résultats à peu près équivalents.

Neuvième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu à 75° en tubes complètement ouverts à l'air;

Le chauffage continu à 75° en tubes étirés en pointe fine, ouverts à l'air et renfermant de la bourre de soie;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés, atmosphère d'azote et bourre de soie;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés, atmosphère d'acide carbonique avec bourre de soie;

Le chauffage continu à 75° en tubes scellés dans une atmosphère d'air avec de la bourre de soie;

Le Tableau suivant indique les résultats obtenus :

Chauffage continu à 75°.

BN^3F, charge 646 de 1902, lissée, donnant aux épreuves les résultats suivants :

Humidité (pour 100).	Volume de Az O par gramme.	Épreuve de chauffage à 110° à durées totalisées.
1,25	203 201 } 202	h m 35.40 36.40 29.40 } h 34.00

Digitized by Google

NUMÉROS DES TUBES.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 75°.	ÉPREUVES DIVERSES APRÈS CHAUFFAGE A 75°. PRESSION à l'intérieur des tubes.	HUMIDITÉ de la poudre.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	ÉPREUVES à 110° à durées totalisées.	VOLUME DE Az O par gramme après chauffage à 75°.		VOLUME DE Az O par gramme après l'épreuve à 110°.	
		jours	kg	pour 100		h m				
42	Tube complètement ouvert à l'air.	20	0	0,41	26	0.40	153 153	153		
43	Id.	26	0	0,02	23,7	1.50 (sur 8g).	146			
44	Id.	26	0	0,04	21,0	1.50 (sur 8g).	149			
30	Tube étiré en pointe, ouvert à l'air, renfermant de la bourre de soie.	20	0	0,58	9,2	0.40 (la poudre a pris feu).	184 182	183		
31	Id.	26	0	0,30	15,8	0.55 (sur 9g).	161			
32	Id.	26	0	0,57	16,1	0.55 (sur 9g).	159			
39	Tube scellé. Atmosphère d'azote et bourre de soie.	20	0,500	1,64	1,10	31.30	198 197	197,5	193 195	194
40	Id.	40	0,850	1,99	1,3	44.15	198 197	197.5	191 193	192
41	Id.	60	0,500	2,07	2,0	43.45	193 194	193,5	197 197	197
36	Tube scellé, CO^2 et bourre de soie.	20	0 (tube fissuré)	1,34	2,10	30.50	188,5 188,5	188,5	194 196	195
37	Id.	40	0,850	2,12	1,5	40.20	190 194	192	199 199	199
38	Id.	60	1	2,31	1,9	47.20	196 197	196,5		
33	Tube scellé, air et bourre de soie.	20	0,250	1,21	1,70	38.50	191,5		192 192	192
34	Id.	40	0,800	1,94	1,5	48.15	200 198	199	»	
35	Id.	60	0,850	1,89	2,0	38,00	195 197	196	194 194	194
77	Tube scellé, air et bourre de soie.	40	inf^re à 0,250		1,4					
78	Id.	40	»		1,5	35.50	»		190 189	189,5
79	Id.	40	»		1,3					
80	Id.	70	0,600		1,8	33.55	190 192	191	192 189	190,5
81	Id.	70	0,600		1,9					

Digitized by Google

La poudre des trois tubes 77, 78, 79 a été sortie des tubes après le chauffage de 40 jours à 75°, mélangée et tirée dans les conditions réglementaires comparativement à un échantillon de la charge 646 qui n'avait subi aucun chauffage et avait été conservé en flacon bouché. Le tir a été fait après exposition des deux poudres pennant 36 heures dans la salle du Laboratoire. On a obtenu les résultats suivants :

Fusil modèle 1886 avec appareil de mesure des pressions à cylindres de $4^{mm},9$.
Emploi de crushers préalablement réduits à $3^{mm},75$.

DÉSIGNATION des échantillons.	MUNITIONS employées.	TEMPÉRATURE à laquelle le fusil est maintenu.	CHARGE de poudre.	NOMBRE de coups	V 25 moyenne mesurée.	ECART moyen des vitesses.	PRESSION moyenne mesurée.	HUMIDITÉ pour 100.
		°	k		m	m	kg	
BN³F, charge 646-1902, non chauffée.	Douilles modèle 1886 D et balles spéciales.	13	2,90	5	601,1	3,6	2133	1,70
BN³F, charge 646-1902, chauffée 40 jours à 75° en tubes scellés avec air et bourre de soie (tubes 77, 78, 79).	Id.	13	2,90	5	601,0	2,0	2149	1,50

L'épreuve de chauffage à 110° indiquée au Tableau précédent a été faite sur la poudre restant après le tir des échantillons 77, 78 et 79.

La poudre des tubes 80 et 81 a été sortie des tubes après le chauffage de 70 jours à 75° et tirée après exposition de 36 heures. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

DÉSIGNATION des échantillons.	MUNITIONS employées.	TEMPÉRATURE à laquelle le fusil est maintenu.	CHARGE de poudre.	NOMBRE de coups.	V 25 moyenne mesurée.	ÉCART moyen des vitesses.	PRESSION moyenne mesurée.	HUMIDITÉ pour 100.
BN³ F, charge 646-1902, non chauffée.	Douilles modèle 1886 D et balles spéciales.	13°	2,90	5	595,3	2,9	2036	1,85
BN³ F, charge 646-1902, chauffée 70 jours à 75° en tubes scellés (tubes 80 et 81).	Id.	13	2,90	3	590,4	2,7	2044	1,75

En résumé, on voit :

1° Que la conservation à 75° n'est pas améliorée quand on remplace des tubes ouverts par des tubes incomplètement fermés renfermant un absorbant de produits nitreux;

2° Que la conservation en tubes scellés est de beaucoup supérieure à la conservation en tubes ouverts, mais que la nature de l'atmosphère de la poudre a peu d'importance, car des atmosphères variées (azote, acide carbonique, air) avec absorbant de produits nitreux ont donné des résultats très peu différents ;

3° Que les poudres chauffées en tubes scellés conservent non seulement leur stabilité chimique (indiquée par l'épreuve à 110°), mais aussi leurs propriétés balistiques, pendant un temps trois fois plus long que la durée de la conservation en tubes ouverts;

4° Que ces poudres subissent néanmoins une décomposition continue très lente, accusée par la baisse du taux d'azote et l'augmentation de coloration de la bourre de soie;

5° Que la pression reste toujours relativement faible à l'intérieur des tubes (1^{kg} au maximum).

Dixième série d'essais. — On a étudié comparativement :

Le chauffage continu à 75° en tubes complètement ouverts à l'air;

Digitized by Google

Le chauffage continu à 75° en tubes étirés en pointe et *ouverts*, les tubes renfermant de la bourre de soie;

Le chauffage continu à 75° en tubes étirés en pointe et ouverts, les tubes renfermant de la diphénylurée;

Le chauffage continu à 75° en tubes *scellés* dans une atmosphère d'air en présence de bourre de soie.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le Tableau suivant :

Chauffage continu à 75°.

BF(AM), mélange 13-1902 donnant aux épreuves les résultats suivants :

Humidité (pour 100).	Volume de AzO par gramme.		Épreuve à 110° à durées totalisées.	
			h m	h m
1,30	203,5	203,5	52.35	47.47
	203,5		42.50	
			46.55	

Digitized by Google

NUMEROS DES TUBES.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 75°.	ÉPREUVES DIVERSES APRÈS CHAUFFAGE A 75°. PRESSION à l'intérieur des tubes.	HUMIDITÉ de la poudre.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	DURÉE de l'épreuve à 110°.	VOLUME DE AzO PAR GRAMME après le chauffage à 75°.		VOLUME DE AzO PAR GRAMME après le chauffage à 75° et épreuve à 110°.	
		jours	kg			h m				
55	Tubes complètement ouverts à l'air.	25	0	0,50	3,0	20.50	198 200	199	203 203	203
56	Id.	35	0	"	3,2	0.45	203 203	203	202 202	202
57	Id.	38	0	0,44	3,0	0.40	198 200	199	200 202	201
49	Tubes ouverts en pointe renfermant de l'air et de la bourre de soie.	25	0	0,61	3,2	2.40	198 200	199	195 197	196
50	Id.	35	0	"	3,6	0.35	207 207	207	198 194	196
51	Id.	38	0	0,66	3,5	0.25	198 196	197	199 200	199,5
52	Tubes ouverts en pointe renfermant de l'air et de la diphénylurée.	25	0	0,58	3,2	16.50	195 198	197,5	198 200	199
53	Id.	35	0	0	3,1	0.30	201 201	201	199 199	199
54	Id.	38	0	0,96	4,5	0.25	192 194	193	192 194	193
45	Tubes scellés renfermant de l'air et de la bourre de soie.	25	0,30	1,69	1,0	34.40	196 198	197		»
46	Id.	38	0,50	1,77	1,4	37.50	200 201	200,5	192 194	193
47	Id.	60	0,75	2,50	1,4	32.45	194 195	194,5	200,5 200,5	200,5
48	Id.	80	0,50	1,96	2	47.15	193 191	192	193 193	193
67	Id.	50	0,30	»	1,6	40.50				
68	Id.	50	0,25	»	1,7	40.50				
69	Id.	50	0,50	»	1,6	40.50				
70	Id.	80	0,50	»	2,4					

La poudre des trois tubes 67, 68 et 69 après les chauffages de 50 jours à 75° a été sortie des tubes, mélangée et tirée dans les conditions réglementaires comparativement avec un échantillon de la même poudre conservé en flacon fermé sans aucun chauffage.

Digitized by Google

Les deux échantillons avaient été exposés 48 heures dans l'atmosphère du laboratoire avant le tir. On a obtenu les résultats suivants :

Fusil modèle 1886 avec appareil de mesure des pressions à cylindres de $4^{mm},9$.
Emploi de crushers préalablement réduits à $3^{mm},75$.

DÉSIGNATION des échantillons.	MUNITIONS employées.	TEMPÉRATURE à laquelle est maintenu le fusil.	CHARGE de poudre.	NOMBRE de coups.	V 25 moyenne mesurée.	ÉCART moyen des vitesses.	PRESSION mesurée.	HUMIDITÉ pour 100.
BF (AM), mélange 13-1902 non chauffé.	Douilles modèle 1886 D et balles ordinaires.	13°	2,60	5	608,0	4,1	2583	1,30
BF (AM), mélange 13-1902 chauffé 50 jours à 75°. Tubes scellés, air et bourre de soie.	Id.	13	2,60	5	600,0	2,4	2468	1,25

L'épreuve de chauffage à 110° indiquée ci-dessus a été faite sur la poudre du mélange des échantillons 67, 68 et 69 inutilisée dans le tir.

La poudre du tube 70 a été sortie du tube après 80 jours de chauffage à 75°, exposée 24 heures et tirée. On a séparé dans le tir la partie supérieure, colorée, de la partie inférieure, plus pâle. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

DÉSIGNATION des échantillons.	MUNITIONS employées.	TEMPÉRATURE à laquelle est maintenu le fusil.	CHARGE de poudre.	NOMBRE de coups.	V 25 moyenne mesurée.	ÉCART moyen des vitesses.	PRESSION mesurée.	HUMIDITÉ pour 100.
BF (AM), mélange 13-1902 non chauffé.	Douilles modèle 1886 D et balles ordinaires.	13,5	2,60	5	589,8	4,7	2344	1,60
BF (AM), mélange 13-1902 chauffé 80 jours à 75° en tubes scellés. (Poudre claire.)	Id.	13,5	2,60	3	563,9 (566,5)	3,9	2070 (2086)	1,50
Id. (Poudre foncée.)	Id.	13,5	2,60	1	574,0	»	2136	

En résumé, les essais montrent :

1° Que les tubes ouverts et les tubes incomplètement fermés avec absorbants divers de corps nitreux sont équivalents au point de vue de la conservation des poudres;

2° Que les tubes scellés avec une atmosphère d'air et un absorbant de corps nitreux donnent des résultats considérablement supérieurs aux précédents;

3° Que les poudres chauffées en tubes scellés ne perdent que très lentement leur stabilité à 110° qui paraît se maintenir à peu près stationnaire;

4° Que les propriétés balistiques de ces poudres ne se modifient que très lentement, la modification consistant en une légère diminution de la vitesse et de la pression (20^{m} environ après 80 jours);

5° Que la poudre de teinte foncée, qui ne s'est jamais différenciée de la poudre pâle dans les épreuves à 110°, ne s'en différencie pas non plus au point de vue balistique et que, par suite, la coloration constatée paraît être de peu d'importance;

6° Que la pression reste peu élevée à l'intérieur des tubes (inférieure à 1^{kg}).

Digitized by Google

Onzième série d'essais. — On a étudié comparativement :

1° Le chauffage en tubes librement ouverts à l'air;

2° Le chauffage en tubes scellés dans une atmosphère d'air en présence de bourre de soie.

Les essais ont porté, non plus sur des poudres minces (BF ou BN^3F), mais sur des poudres très épaisses BM^{10} (AM) et BM^{15} (AM).

On a obtenu les résultats suivants :

Chauffage continu à 75°.

Poudres BM^{10}(AM), mélange 4 de 1903, et BM^{15}(AM), 1er lot 1902.

NUMÉROS des tubes.	NATURE de la poudre.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage continu à 75°.	PRESSION à l'intérieur des tubes.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	ÉPREUVE à 110° à durées totalisées.	OBSERVATIONS.
			jours	kg		h m	
126...	BM^{10} (AM), mélange 4 de 1903.	Tube ouvert.	50	0	5,4	0.35	
127...	Id.	Id.	56	0	7,0	0.50	
128...	Id.	Tube scellé, air et bourre de soie.	50	0,600	2,3	>84.00	Durée de la dernière épreuve : 2h.
129...	Id.	Id.	56	1	2,3	>53.00	Id. : 9h.
130...	BM^{15}(AM), 1er lot 1902.	Tube ouvert.	56	0	4,8	0.50	
131...	Id.	Id.	56	0	5,5	0.50	
132...	Id.	Tube scellé, air et bourre de soie.	56	Le tube s'est cassé.	3,8	60.50	
133...	Id.	Id.	56	1	4,1	>60.00	Id. : 10h.

En résumé, les essais de chauffage effectués sur des poudres épaisses confirment les résultats constatés dans les chauffages de poudres minces, à savoir la supériorité considérable des tubes scellés sur les tubes ouverts pour la conservation des poudres B.

Digitized by Google

C. Résumé général.

Aux températures de 110° et 75°, on prolonge considérablement la conservation des poudres B en les enfermant dans des tubes scellés, quelle que soit l'atmosphère de ces tubes (air, azote ou acide carbonique) et en absorbant les produits nitreux dans l'atmosphère de la poudre au moyen de bourre de soie par exemple (série d'essais n° 7). C'est d'ailleurs en présence de bourre de soie qu'ont été faits tous les chauffages à 75° dans une atmosphère d'air.

Les diverses séries d'essais montrent que la prolongation du chauffage à 75° (jusqu'à 80 jours) ne modifie pas sensiblement la résistance à l'épreuve ordinaire à 110°. Pourtant la décomposition n'est pas arrêtée. La baisse du taux d'azote, la diminution de poids de la poudre, la perte de vitesse et enfin la coloration de plus en plus foncée de la bourre de soie font voir que la décomposition se continue, mais très lentement.

A 110°, la pression augmente rapidement à l'intérieur des tubes jusqu'à en provoquer la rupture, bien que ces tubes puissent supporter une pression de plusieurs atmosphères. A 75°, la pression n'a jamais atteint 1^{kg}, même après 80 jours de chauffage.

L'absorption des produits nitreux dans l'atmosphère de tubes ouverts ou incomplètement fermés ne procure aucun bénéfice appréciable (3e et 8e séries d'essais).

III. — HYPOTHÈSES.

On a trouvé que les poudres aux températures élevées se conservaient mieux en tubes scellés qu'en tubes ouverts. Ce résultat peut être attribué soit à la pression qui se développe pendant le chauffage à l'intérieur des tubes scellés, soit au dissolvant qui reste dans la poudre au lieu de s'éliminer peu à peu dans l'atmosphère.

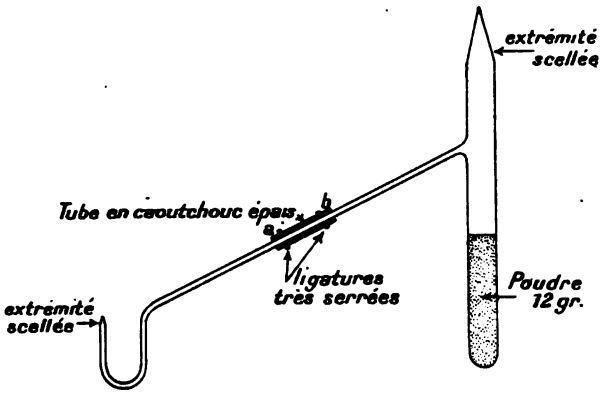
Nous avons cherché à mettre en évidence l'influence respective de chacune de ces deux causes.

Digitized by Google

1° **Influence de la pression.** — Pour étudier cette influence il fallait réaliser le chauffage des poudres sous pression, tout en permettant le départ du dissolvant. Pour cela on a fait usage de tubes scellés, en condensant continuellement les vapeurs de dissolvant ou les absorbant par l'acide sulfurique.

On a employé le dispositif suivant :

Fig. 2.



Le tube (1) contenant la poudre était muni d'une tubulure latérale, reliée à un tube de verre terminé en V et fermé à son extrémité. La liaison *ab* était faite avec un tube de caoutchouc épais, fortement ligaturé sur les tubes de verre. Après remplissage, le tube A était scellé à son extrémité. L'ensemble pouvait supporter une pression intérieure modérée.

On refroidissait le tube en V pour amener la condensation des vapeurs du dissolvant. Dans les derniers essais, on a rempli le tube en V d'acide sulfurique concentré pour mieux assurer l'absorption de ces vapeurs.

Le chauffage des poudres était fait dans un bain-marie maintenu à l'ébullition.

A côté du tube scellé on disposait un tube ordinaire ouvert à l'air (croquis ci-contre).

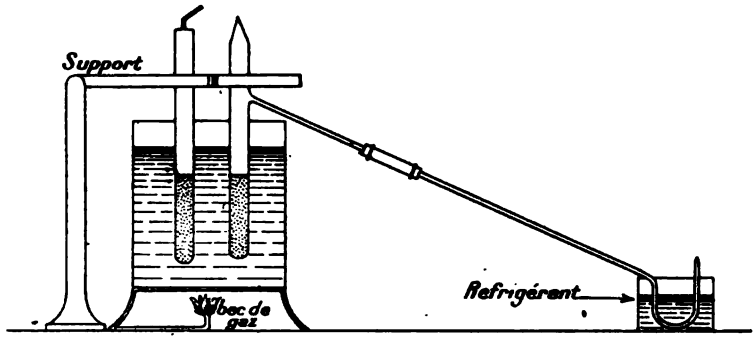
Tous les essais ont été faits sur le mélange 13-1902 de BF (AM)

(1) Tube de mêmes dimensions que ceux qui ont servi aux divers essais de chauffage à 110° et 75°.

Digitized by Google

donnant à l'épreuve ordinaire à 110° une durée moyenne de 47 heures 47 minutes.

Fig. 3.



Première expérience. — On a chauffé les poudres 60 heures au bain-marie (cinq chauffages de 12 heures séparés par des repos de 12 heures). Le tube fermé aboutissait à un réfrigérant. Le tube en V ne contenait pas d'acide sulfurique.

Après chauffage, les poudres ont donné aux épreuves les résultats suivants :

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	PRESSIONS après chauffage.	HUMIDITÉ pour 100.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	ÉPREUVE de chauffage à 110°.	OBSERVATIONS.
121...	Tube scellé avec tubulure latérale aboutissant à un réfrigérant.	60 h	Pression très peu différente de la pression atmosphérique.	1,19	2,3	17.40 b m	Sur la tubulure latérale on a constaté l'existence d'une buée très légère.
122...	Tube ouvert à l'air.	60	0	0,16	2	17.40	

Deuxième expérience. — On a fait un deuxième essai en chauffant 72 heures (six chauffages de 12 heures avec repos intermédiaires de 12 heures) et remplissant d'acide sulfurique le tube en V. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	PRESSION après chauffage.	HUMIDITÉ pour 100.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids	ÉPREUVE de chauffage à 110°.	OBSERVATIONS.
123...	Tube scellé avec tubulure latérale aboutissant à un V renfermant de l'acide sulfurique et entouré d'un réfrigérant	72 h	(— 0,100) Pression inférieure de 0kg,100 à la pression atmosphérique.	0,50	1,5	23.50 h m	Une partie de l'acide sulfurique a pris une coloration rouge indiquant une absorption de dissolvant.
125...	Tube ouvert à l'air.	72	0	0,19	2,0	16. 5	

Troisième expérience. — On a recommencé l'essai n° 2 en comprimant de l'air dans le tube scellé avant de le relier au tube en V. La pression de l'air dans l'intérieur du tube a été d'environ 0kg,50 (au-dessus de la pression atmosphérique, avant le chauffage. On a chauffé 72 heures comme précédemment. On a obtenu les résultats suivants :

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	PRESSION après chauffage.	HUMIDITÉ pour 100.	TAUX pour 100 de la perte totale de poids.	ÉPREUVE de chauffage à 110°.	OBSERVATIONS.
126...	Tube scellé avec tubulure latérale aboutissant à un V renfermant de l'acide sulfurique et entouré d'un réfrigérant.	72 h	kg 0,250	0,85	1,5	11.40 h m	Une partie de l'acide sulfurique a pris une coloration rouge indiquant une absorption de dissolvant.
128...	Tube ouvert à l'air.	72	0	0,42	2	13.20	

Digitized by Google

Il résulte de ces trois essais que le chauffage sous pression avec élimination continue du dissolvant détériore les poudres aussi rapidement que le chauffage à la pression atmosphérique. Il semblerait même, d'après les essais 2 et 3, que la décomposition s'accélère légèrement quand la pression augmente. On ne peut donc pas attribuer à la pression le bénéfice constaté dans les chauffages en tubes scellés.

2° **Influence du dissolvant.** — Pour se rendre compte de cette influence, il fallait réaliser le chauffage des poudres à la pression atmosphérique, sans laisser se produire l'élimination du dissolvant.

Le procédé employé a consisté à chauffer les poudres en tubes ouverts dans une atmosphère maintenue à peu près saturée de vapeurs d'alcool et d'éther, de manière à ralentir l'émission du dissolvant de la poudre. On arrivait à ce résultat en plaçant dans le tube d'essai un tampon de bourre de soie humecté d'éther à 56°. Deux tampons secs, disposés en dessous et en dessus du tampon humide, empêchaient, l'un la chute de gouttelettes d'éther sur la poudre, et l'autre la diffusion trop rapide des vapeurs d'éther dans l'atmosphère.

Comme dans les essais précédents, le tube ainsi préparé a été chauffé au bain-marie à côté d'un tube ouvert à l'air et renfermant la même quantité de poudre (12^{g}). Les essais ont porté sur la poudre BF (AM), mél. 13-1902, donnant 47 heures 47 minutes à l'épreuve à 110°.

Premier essai. — On a chauffé les deux tubes pendant 72 heures (six chauffages de 12 heures). Entre deux chauffages consécutifs, la poudre de chacun des tubes était sortie et exposée à l'air.

On a constaté qu'après 12 heures de chauffage, le tampon de bourre de soie était complètement sec et que, par suite, l'émission du dissolvant avait pu se produire pendant une partie du temps.

On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	HUMIDITÉ pour 100.	TAUX pour 100 de la perte totale.	ÉPREUVE à 110°.	OBSERVATIONS.
124...	Tube ouvert renfermant de la bourre de soie imbibée d'éther à 56°.	72 h	0,65	1,2	33.45 h m	
125...	Tube ouvert à l'air.	72	0,19	2,00	16.50	

Deuxième essai. — On a recommencé l'essai précédent. On a obtenu les résultats suivants :

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	HUMIDITÉ pour 100.	TAUX pour 100 de la perte totale	ÉPREUVE à 110°.	OBSERVATIONS.
127...	Tube ouvert renfermant de la bourre de soie imbibée d'éther à 56°.	72 h	0,52	1,2	33.50 h m	
128...	Tube ouvert à l'air.	72	0,42	2,0	13.20	

Troisième essai. — On a procédé à un nouvel essai en imbibant la bourre de soie d'un mélange de 4 parties d'éther à 56° et 1 partie d'alcool amylique. En ajoutant l'alcool amylique on se proposait surtout de ralentir l'évaporation de l'éther imbibant la bourre de soie. On a opéré comme précédemment en effectuant 84 heures de chauffage (sept chauffages de 12 heures). On a constaté, après chaque chauffage, que le tampon était resté légèrement humide. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

DÉSIGNATION des tubes.	CARACTÉRISTIQUES des tubes.	DURÉE du chauffage.	CHAUFFAGE à 110°.	OBSERVATIONS.
89.....	Tube ouvert renfermant de la bourre de soie imbibée d'un mélange de 4 parties d'éther à 56° et 1 partie d'alcool amylique.	84h	58h.5om	
90.....	Tube ordinaire ouvert à l'air.	84	2.30	

Ces essais montrent nettement que le maintien du dissolvant dans la poudre est avantageux et constitue vraisemblablement la cause principale du bénéfice constaté dans les chauffages en tubes scellés.

La présence de vapeur de dissolvant dans l'atmosphère des poudres n'empêche pas la décomposition nitreuse. On a constaté, en effet, que la bourre de soie jaunissait de plus en plus quand on prolongeait les chauffages. De plus, le taux d'azote diminue constamment, la vitesse s'abaisse et les pertes de poids s'accentuent.

Le dissolvant n'empêchant pas la dissociation du coton-poudre, il y a lieu de chercher quel est son rôle dans les chauffages en tubes scellés et comment peut s'expliquer son action prépondérante au point de vue stabilité.

Nous proposons l'explication suivante :

Hypothèses sur le mode de décomposition des cotons-poudres et des poudres B *et sur le rôle du dissolvant. — a. Coton-poudre.* — La décomposition du coton-poudre pulvérulent sous l'action de la chaleur serait un simple phénomène de dissociation, et la vitesse d'émission des produits nitreux resterait constante à une même température et sous une même pression quand ces produits se diffusent librement dans l'atmosphère.

On s'expliquerait ainsi que, dans les chauffages successifs à 110°, la baisse de l'épreuve soit extrêmement lente. Elle serait due uniquement à la transformation lente et progressive des molécules

Digitized by Google

du coton-poudre primitif fortement nitré et à faible tension de dissociation en molécules de moins en moins nitrées et à tension de dissociation de plus en plus considérable.

Pour le coton-poudre aggloméré par compression, le phénomène de dissociation se compliquerait de réactions secondaires à l'intérieur de la masse, les produits nitreux de dissociation réagissant sur les molécules de coton-poudre et en activant la décomposition. En effet, dans la compression mécanique, la soudure des molécules n'est jamais complète, et il reste des intervalles intermoléculaires suffisants pour le passage des gaz. Dans ces canaux de section extrêmement petite (de l'ordre de grandeur des molécules gazeuses), les frottements latéraux seraient assez considérables pour empêcher la diffusion des produits nitreux dans l'atmosphère et permettre une réaction chimique sur les molécules de coton-poudre. Ces réactions secondaires expliqueraient la faible stabilité du coton-poudre amené à l'état compact par compression sans agglomérant (expériences de M. l'ingénieur en chef Vieille).

b. Collodions et poudres B. — Dans les collodions parfaits, l'agglomération des molécules est suffisante pour réduire les intervalles moléculaires à des dimensions inférieures à celles des molécules gazeuses, puisque une pellicule très mince de collodion empêche la diffusion des gaz. Il ne peut donc pas se former de produits gazeux dans l'intervalle des molécules, et, par suite, l'effet du chauffage doit se limiter tout d'abord à la dissociation des molécules de la surface, en libre contact avec l'atmosphère.

Mais, sous l'action de la chaleur, des molécules de dissolvant constitutif du collodion s'éliminent peu à peu, et des vides tendent à se former. Pendant un certain temps, le collodion subit un retrait qui peut suffire à combler ces vides. Toutefois, il arrive un moment où le retrait cesse de se produire et où le départ du dissolvant crée des canaux intérieurs suffisants pour le passage des gaz. Les molécules de coton-poudre, en communication avec ces canaux, pourraient alors se dissocier, et les produits nitreux de la dissociation détermineraient des réactions secondaires dangereuses pour la stabilité du coton-poudre.

Ces réactions secondaires seraient d'autant plus intenses que l'élimination des produits de décomposition serait plus difficile et,

Digitized by Google

par suite, que les canaux auraient une plus grande longueur, c'est-à-dire pénétreraient plus profondément à l'intérieur des collodions.

Enfin, pour les poudres B, le phénomène serait du même ordre que pour les collodions, à cette différence près que, l'agglomération primitive étant moins parfaite, il pourrait préexister dans la masse un réseau de canaux de section plus considérable que les canaux intermoléculaires envisagés plus haut. Ces canaux, d'autant plus nombreux que les traitements de fabrication auraient été plus intenses, seraient peu dangereux au point de vue des réactions secondaires, mais pourraient favoriser le départ du dissolvant et diminuer la durée de la phase de simple dissociation.

Dans cette hypothèse, la stabilité des poudres B serait intimement liée à leur degré de compacité, et l'effet nuisible des chauffages consisterait plutôt dans la destruction de la compacité par élimination du dissolvant que dans une décomposition directe du coton-poudre.

L'épreuve ordinaire à 110° donnerait la mesure du temps nécessaire pour produire dans la poudre une porosité dangereuse.

Les chauffages en tubes scellés, empêchant à peu près complètement le départ du dissolvant, ne modifieraient que très peu la stabilité primitive de la poudre. En absorbant les vapeurs nitreuses dans l'atmosphère des tubes, on éviterait toute réaction secondaire et le phénomène se trouverait limité à la dissociation des molécules de coton-poudre en contact avec l'atmosphère.

L'action principale des corps stabilisants (alcool amylique, urée, diphénylamine, etc.) serait d'absorber les composés nitreux au fur et à mesure de leur production dans l'atmosphère interne de la poudre et de retarder l'effet dangereux de la porosité. On comprendrait ainsi que l'introduction dans les poudres B de corps avides de produits nitreux puisse améliorer considérablement la stabilité, alors que l'absorption des produits de décomposition dans l'atmosphère des poudres ne procure aucun bénéfice (essais nos 3, 9 et 10). Pour certains corps stabilisants, l'action sur les produits nitreux pourrait d'ailleurs être accompagnée d'une action de viscosité qui ralentirait l'émission du dissolvant.

Le radoubage aurait pour effet de prolonger la conservation des poudres poreuses en faisant pénétrer, dans les canaux intermolé-

Digitized by Google

culaires, des corps stabilisants. Pour assurer une pénétration complète à l'intérieur de ces canaux, on comprend qu'il faille un temps notable et d'autant plus considérable que les poudres sont plus épaisses.

On a remarqué que le radoubage rendait translucides des poudres opaques. Ce fait tendrait à confirmer l'hypothèse de l'existence de canaux intérieurs qui se laisseraient pénétrer lentement par le liquide alcoolique des bains de radoubage.

Le remalaxage des poudres presque décomposées aurait pour effet de transformer ces poudres poreuses en matières compactes et, par suite, de leur rendre une stabilité comparable à celle des poudres neuves.

Tous les traitements intensifs de la fabrication et, en particulier, les lavages à haute température sur des poudres vertes hâteraient le départ du dissolvant et tendraient à diminuer la stabilité en augmentant la porosité.

IV. — CONCLUSIONS.

En se bornant aux résultats déduits de l'expérience, et indépendamment de toute hypothèse, on peut conclure de l'étude actuelle que la conservation en tubes scellés présente de très grands avantages au double point de vue de la stabilité chimique et de la stabilité balistique aux températures de 110° et de 75°.

Le bénéfice constaté à 75° ayant été au moins aussi considérable qu'à 110°, il est à peu près certain que la conservation en récipients complètement étanches conserverait aux températures ordinaires la supériorité constatée aux hautes températures.

D'autre part, les surpressions développées en tubes scellés décroissant rapidement entre 110° et 75° (où des chauffages de près de trois mois n'ont pas élevé la pression jusqu'à 1^{kg}) seraient vraisemblablement très faibles au voisinage de 40°.

Il ne paraît donc pas impossible de réaliser pratiquement un mode de conservation comparable à celui des tubes scellés, et nous signalons l'intérêt que pourrait présenter l'adoption de caisses métalliques rigoureusement étanches pour les poudres B en général

Digitized by Google

et en particulier pour les poudres renfermées dans des soutes chaudes ou conservées dans les magasins des colonies.

La présence sur la poudre d'une couche de bourre de soie destinée à absorber les produits nitreux dans l'atmosphère de ces caisses ne semble pas devoir présenter d'inconvénients sérieux.

Sevran, le 11 *juin* 1903.

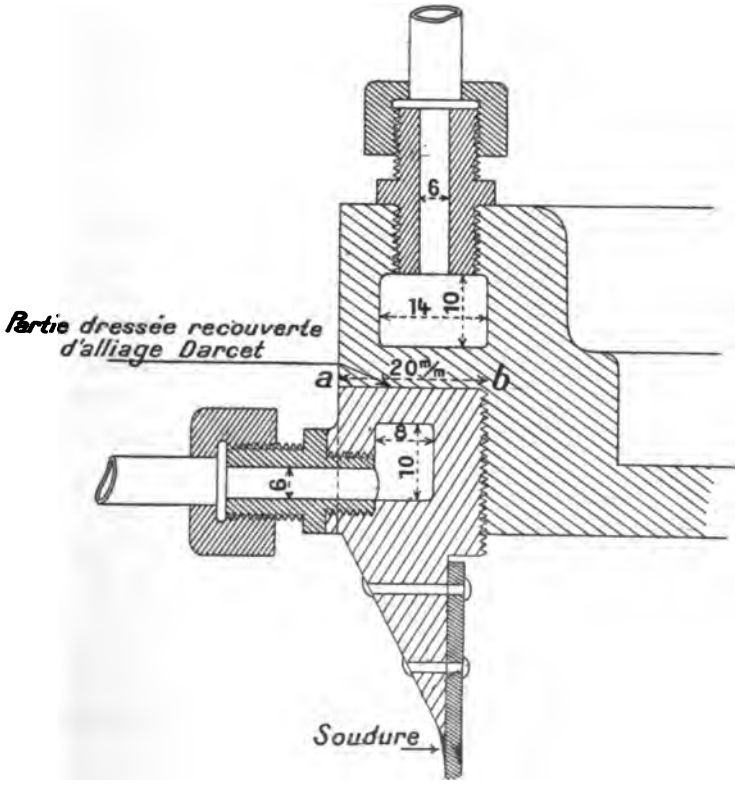
Digitized by Google

ANNEXE.

RECHERCHE D'UN DISPOSITIF PERMETTANT D'OBTENIR L'ÉTANCHÉITÉ D'UNE CAISSE MÉTALLIQUE.

Nous avons étudié un dispositif de caisse métallique étanche aux gaz, dans le but de vérifier que l'emploi de caisses étanches

Fig. 4.



pour la conservation des poudres ne présentait pas de difficultés trop grandes et pouvait être considéré comme une solution pratique.

Digitized by Google

Les caisses métalliques pouvant être fabriquées par emboutissage, il est facile d'obtenir l'étanchéité du corps de la caisse. Nous nous sommes borné par suite à rechercher un moyen d'assurer l'étanchéité au joint du couvercle et de la caisse. Nous avons obtenu de bons résultats par soudure à l'alliage Darcet en employant le dispositif de la page précédente (*fig.* 4).

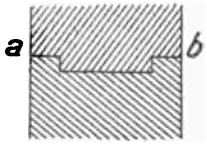
La caisse, de forme cylindrique, et son couvercle portent des couronnes (1) en bronze, à parois filetées, de manière à constituer les parties mâle et femelle d'un raccord à vis. Quand le couvercle est vissé sur la caisse, les deux pièces en bronze appuient l'une sur l'autre par deux surfaces *ab*, bien dressées, de 20^{mm} environ de largeur (*fig.* 4).

On a ménagé, à l'intérieur de chaque couronne en bronze, un canal circulaire pour permettre le chauffage par un courant de vapeur. Sur chaque canal sont placés deux raccords, séparés l'un de l'autre par une mince cloison. L'un sert pour l'entrée, l'autre pour la sortie de la vapeur.

Pour obtenir l'étanchéité au joint *ab*, on recouvre au préalable les surfaces d'alliage Darcet. On visse ensuite le couvercle sur la caisse et l'on fait le serrage après avoir chauffé par un courant de vapeur les deux pièces de bronze. On laisse ensuite refroidir à l'air.

Détails des essais. — Bien que la vapeur envoyée dans les canaux circulaires fût à faible pression (moins de 1^{kg}), le chauffage a été presque instantané et les premiers essais ont même

Fig. 5.



montré qu'il suffisait d'un seul canal de chauffage pour assurer la soudure.

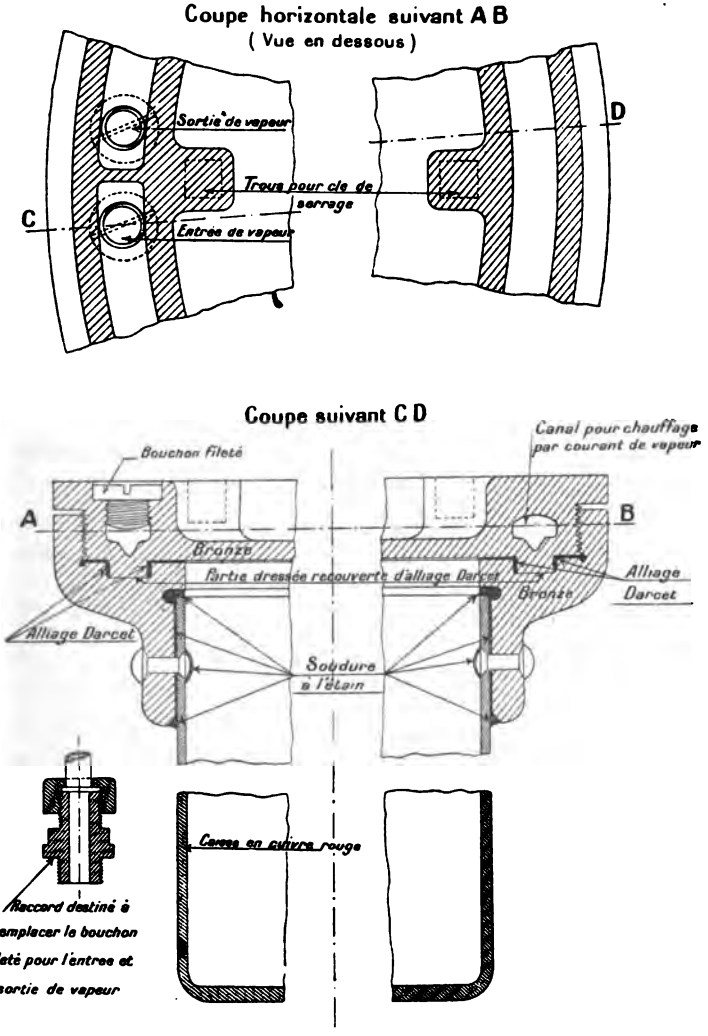
Nous avons constaté également qu'il suffisait, pour permettre

(1) Pour la caisse cette couronne était rivée sur le cylindre de cuivre, et une forte épaisseur de soudure, disposée dans le joint, assurait l'étanchéité.

Digitized by Google

l'ouverture de la caisse après soudure, d'envoyer un mince filet de vapeur dans l'un des canaux de chauffage au moment d'opérer le dévissage du couvercle.

Fig. 6.



Nous avons procédé de la façon suivante pour vérifier l'étanchéité de la caisse :

Digitized by Google

A l'intérieur de la caisse on disposait avant la fermeture un ballon contenant du chloroforme. On vissait le couvercle, on effectuait la soudure, puis on déterminait, par un choc brusque contre les parois, la rupture du ballon.

On plongeait alors la caisse dans l'eau à 80°. Le chloroforme bouillant à 63°, on obtenait ainsi à l'intérieur de la caisse une pression d'au moins 1^{kg} par centimètre carré; on laissait séjourner une demi-heure environ dans l'eau en regardant si des bulles gazeuses s'échappaient de la caisse. Les vapeurs de chloroforme étant insolubles dans l'eau, on avait ainsi le moyen de s'assurer de la moindre fuite.

On a procédé à un premier essai de soudure et l'on a constaté que la caisse restait complètement étanche.

Après avoir opéré le dévissage du couvercle dans les conditions indiquées plus haut, on a recommencé la soudure et obtenu de nouveau l'étanchéité complète.

Ce procédé paraît donc présenter des garanties sérieuses, garanties qu'on pourrait encore augmenter en disposant une cannelure dans la partie *ab* (*fig.* 5) pour empêcher l'écoulement de la soudure.

En définitive, il semble qu'une caisse ayant la forme indiquée dans le dessin de la figure 6 serait de nature à donner satisfaction.

Sevran, le 11 *juin* 1903.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

DÉCOMPOSITION DES POUDRES B

PAR LA CHALEUR;

PAR

M. G. PATART,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

Deux journaux scientifiques (1) ont donné, ces temps derniers, quelques renseignements sur une méthode d'essai des poudres à la nitrocellulose, instituée par le capitaine Dünn, du génie militaire des États-Unis, et fondée sur la mesure des pertes de poids subies par les poudres, quand on les soumet à l'action d'une haute température.

L'étude de ces pertes de poids a déjà été faite, en France, par M. l'inspecteur général Vieille. Mais, dans les travaux de lui que nous connaissons sur ce sujet (2), la durée des chauffages à 110° a été limitée à 44 heures, durée à laquelle on admet officiellement que les pertes de poids ne correspondent qu'à une émission de dissolvant. Dans sa Note sur la conservation des poudres B (3), M. l'ingénieur Lheure a donné également quelques indications à ce sujet, mais qui sont relatives à des durées qui ne dépassent pas

(1) *Voir* le *Génie civil,* numéro du 21 novembre 1903, et le *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, numéro de janvier 1904.

(2) *Étude sur l'émission des produits volatils dans les poudres colloïdales* en date du 26 janvier 1903.

(3) En date du 11 juin 1903.

Digitized by Google

50 heures à 110°. Nous-mêmes, dans un compte rendu d'essais en date du 5 juin 1903, nous avons donné des courbes de pertes de poids des différents échantillons chauffés à 110° et soumis à divers traitements, mais nous n'avions pas dépassé des durées de 45 heures, tandis que dans les essais, dont il est question dans la présente Note, on s'était proposé d'atteindre la décomposition à peu près complète de l'explosif.

Première série d'essais. — On a soumis au chauffage, à 110°, six échantillons, représentant les types les plus différents de poudres à la nitrocellulose que nous possédions à la Poudrerie du Ripault, savoir :

1° Des poudres de l'ancien type de fabrication ne contenant pas d'alcool amylique....	1° BC, ancien type (lot 35-1889 SM). 2° BM 1 (L) lot 1-1889 SL reçu de Toulon pour être radoubé et, par suite, jugé par les services de la Marine comme en mauvais état de conservation. (L'épreuve faite par la Marine donnait 45 minutes; celle faite à la Poudrerie à l'arrivée de la poudre a donné 14 heures.)
2° Des poudres à 2 pour 100 d'alcool amylique: fabrication courante de 1904.....	3° BM 1 (L), fabrication courante 1904 de la Poudrerie du Ripault. 4° BF (AM), fabrication courante 1904 de la Poudrerie du Ripault.
3° Des poudres du type BN 3 F à faible taux d'alcool amylique....	5° Du BN 3 F du lot 1-1889-R ayant reçu 0,70 pour 100 d'alcool amylique aux malaxeurs et 1 pour 100 à la tonne; trempé vert à 80° après découpage. 6° Du BN 3 F fabriqué en 1904, ayant reçu 0,5 pour 100 d'alcool amylique pendant sa trituration, trempé à 80° après séchage, puis ayant reçu à la tonne 1,5 pour 100 d'alcool amylique.

Ces six échantillons, placés dans de petites capsules en laiton non recouvertes, ont été déposés sur le plateau d'une étuve à thermorégulateur d'Arsonval, dont la température était réglée comme pour les épreuves réglementaires de résistance (température de la glycérine : 110° C.).

Les échantillons étaient pesés toutes les 24 heures, puis remis dans l'étuve.

Le diagramme n° 1 représente les pertes de poids constatées

Digitized by Google

pour une durée de chauffage qui a atteint 1448 heures et qui a entraîné des pertes de poids voisines de 60 pour 100.

L'étude de ce diagramme fournit les observations suivantes :

1° Si l'on note les pertes de poids subies par chaque échantillon après une même durée de chauffage, on peut dresser le Tableau suivant :

	ÉCHANTILLONS											
	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
h												
50.....	2,90	1,90	4,10	1,10	5,40	1,60	2,90	1,70	2,80	1,10	2,80	1,90
100.....	4,80	2,90	5,20	1,50	7,00	2,00	4,60	2,30	3,90	1,60	4,70	2,90
150.....	7,70	5,30	6,70	1,90	9,00	2,70	6,90	2,70	5,50	2,80	7,60	3,90
200.....	13,00	7,30	8,60	4,30	11,70	2,70	9,60	2,90	8,30	3,30	11,50	5,30
250.....	20,30	6,80	12,90	7,30	14,40	4,00	12,50	4,10	11,60	4,00	16,80	5,80
300.....	27,10	5,20	20,20	7,20	18,40	5,30	16,60	5,00	15,60	3,90	22,60	6,20
350.....	32,30	3,70	27,40	5,10	23,70	6,00	21,60	5,00	19,50	4,20	28,80	4,50
400.....	36,00	2,80	32,50	4,90	29,70	5,40	26,60	4,40	23,70	4,70	33,30	3,80
450.....	38,80	2,40	37,40	3,20	35,10	4,10	31,00	3,60	28,40	3,90	37,10	2,80
500.....	41,20	2,00	40,60	2,70	39,20	3,30	34,60	3,40	32,30	2,70	39,90	2,50
550.....	43,20	1,40	43,30	2,30	42,50	2,50	38,00	1,50	35,00	2,40	42,40	1,50
600.....	44,60	1,10	45,60	1,50	45,00	2,10	40,50	2,30	37,40	1,90	43,90	1,10
650.....	45,70	0,90	47,10	1,50	47,10	1,60	42,80	1,70	39,30	2,40	45,00	1,20
700.....	46,10	0,80	48,60	1,10	48,70	1,60	44,50	1,30	41,70	2,50	46,20	0,80
750.....	47,40	1,30	49,80	1,20	50,30	1,10	45,80	1,50	44,20	1,90	47,00	1,40
800.....	48,70	2,10	51,00	2,00	51,40	1,60	47,30	1,60	46,10	3,00	48,40	2,70
900.....	50,80	1,90	53,00	2,00	53,00	1,10	49,00	1,20	49,10	2,50	51,10	1,90
1000.....	52,70	1,30	55,00	1,60	54,10	1,60	50,20	1,80	51,60	2,30	53,00	1,60
1100.....	54,00	1,40	56,60	1,40	55,70	1,40	52,00	1,60	55,90	1,90	54,60	1,60
1200.....	55,40	1,20	58,00	1,20	57,10	1,10	53,60	1,40	55,80	1,60	56,20	1,30
1300.....	56,60	1,20	59,20	1,30	58,20	1,10	55,00	1,20	57,40	1,80	57,50	1,40
1400.....	57,80		60,50		59,30		56,20		59,20		58,90	

Les différences entre les pertes de poids à la fin de deux périodes consécutives représentent ce qu'on peut appeler la *vitesse de décomposition*.

Si l'on ne tient pas compte de la première période de 50 heures pendant lesquelles le départ du dissolvant a joué un rôle prépondérant, on trouve que cette vitesse de décomposition, mesurée par la *perte horaire* à chaque instant, suit, pour tous les échantillons, une loi analogue :

Digitized by Google

« D'une valeur relativement faible et comprise entre 1,10 et 1,90 pour 100, la perte de poids obtenue en 50 heures de chauffage croît jusqu'à un maximum compris entre 4,70 et 7,30 pour 100, pour redescendre progressivement et tomber à une valeur qui varie de 0,55 à 0,90 au bout de 1400 heures de chauffage. »

On peut, suivant les idées du capitaine Dünn, considérer pour chaque échantillon :

1° La *valeur absolue de ce maximum,* qui représente en quelque sorte l'intensité de la décomposition et, par suite, les chances d'inflammation;

2° La *durée de chauffage correspondant à ce maximum,* qui représente en quelque sorte la durée probable de la poudre avant que sa décomposition devienne dangereuse.

Si l'on classe les six échantillons d'après ces données, on obtient le Tableau suivant :

1° Valeur absolue du maximum. Perte de poids en 50 heures.		2° Durée du chauffage au moment du maximum.	
	pour 100		h h
Échantillon n° 1.....	7,30	Échantillon n° 1.	Entre 200 et 250
» 2.....	7,30	» 2.	Entre 250 et 300
» 3.....	6,00	» 3.	Entre 300 et 400
» 4.....	5,00	» 4.	Entre 350 et 400
» 5.....	4,70	» 5.	Entre 400 et 450
» 6.....	6,20	« 6.	Entre 300 et 350

On remarque que dans ces deux Tableaux les échantillons se trouvent classés de la même façon, ce qui conduirait à conclure que les poudres qui présentent les plus grandes chances d'inflammation sont en même temps celles qui se conservent le moins bien. On observe de même que, dans les deux classements, ce sont les poudres de l'ancien type, sans alcool amylique, qui donneraient les moins bons résultats.

Deuxième série d'essais. — On sait que dans la méthode réglementaire (méthode Vieille) la résistance des poudres est mesurée, en quelque sorte, par l'acidité des produits gazeux dégagés

Digitized by Google

par la poudre après une certaine durée d'exposition dans une étuve à 110°, l'unité choisie étant la quantité de produits gazeux acides suffisante pour saturer l'alcalinité d'un papier tournesol type et ces produits acides étant supposés des produits nitreux.

Il était donc intéressant de voir la relation qui existait entre la perte de poids d'un échantillon de poudre soumis à l'étuvage à 110° et la richesse en vapeurs nitreuses des produits gazeux qu'elle dégage.

C'est ce qu'on a cherché à réaliser dans l'essai suivant : deux échantillons de poudre BM 1 (L), lot 2, G 1904 R, ont été soumis au chauffage à 110°; l'un des deux était pesé à intervalles réguliers et replacé dans l'étuve. Au moment de chaque pesée, on prélevait, sur l'autre échantillon, la quantité de poudre nécessaire pour une épreuve d'azote.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-après qui a servi à dresser le diagramme n° 2 :

NOMBRE d'heures de chauffage à l'étuve à 110°.	POIDS restant en centièmes du poids primitif.		NOMBRE de centimètres cubes d'azote dégagés par 1 gramme du produit ayant subi le chauffage.
0	100	3,50	202
100	96,50	3,57	»
200	92,93	6,15	199
299	86,78	10,90	196,3
408	75,88	11,43	191
504	64,45	8,15	173,6
628	56,30	4,37	129,1
765	51,93	2,13	122
847	49,80	5,15	115,7
953	44,75	3,52	105,4
1094	41,23	2,68	97,1
1215	38,55	1,92	89,8
1329	36,63	1,70	82,0
1433	34,93		79,2

De ces chiffres, on peut déduire par un calcul simple le taux d'azote ou de produits nitreux contenus dans les gaz dégagés; si l'on exprime cette richesse en produits nitreux par le nombre de

Digitized by Google

centimètres cubes de bioxyde d'azote contenus dans 1^{g} des produits volatils dégagés, on obtient le Tableau suivant :

POUR LA PÉRIODE comprise entre	NOMBRE de centimètres cubes de bioxyde d'azote correspondant à 1 gramme de produit gazeux.
h h	
0 à 200.....	243,84
200 à 299.....	237,10
299 à 408.....	233,20
408 à 504.....	288,93
504 à 628.....	481,00
628 à 765.....	213,50
765 à 847.....	269,76
847 à 953.....	202,95
953 à 1094.....	202,62
1094 à 1215.....	202,10
1215 à 1329.....	238,61
1329 à 1433.....	139,41

La méthode est évidemment peu précise, puisqu'en admettant une erreur de 1 pour 100 dans la détermination du taux d'azote de la poudre, il pourrait en résulter des erreurs de 50 pour 100 dans les taux d'azote calculés pour les produits gazeux : néanmoins, la marche du phénomène paraît assez régulière, et il semble bien qu'à un dégagement gazeux assez abondant, se traduisant par un maximum dans la perte horaire (prise comme indice de la vitesse de décomposition), correspond corrélativement une richesse plus grande en produits nitreux des produits de la décomposition.

Troisième série d'essais. — On a soumis un échantillon de coton-poudre (CP 1, lot 45-1904, Angoulême) à des chauffages continus à 110° dans les mêmes conditions que les échantillons de la première série. A cet effet, on a introduit dans l'étuve, à des intervalles réguliers, des échantillons du même coton-poudre aussi bien débarrassés que possible de leur humidité, par chauffage à 75° C. Ces échantillons ont subi une durée variable de chauffage; à leur sortie de l'étuve, on a déterminé le taux d'azote restant. On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

1° Pertes de poids.

ÉCHANTILLON N° 1.		ÉCHANTILLON N° 2.		ÉCHANTILLON N° 3.		ÉCHANTILLON N° 4.		ÉCHANTILLON N° 5.	
Heures de chauffage.	Poids restants.	Heures de chauffage.	Poids restants.	Heures de chauffage.	Poids restants.	Heures de chauffage.	Poids restants.	Heures de chauffage.	Poids restants.
h	g	h	g	h	g	h	g	h	g
0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
								5	9,968
24	9,933	24	9,930	23	9,928	24	9,945	24	9,945
		28	9,915			48	9,922	52	9,925
				68	9,902	72	9,910	72	9,918
						96	9,900	97	9,900
				121	9,865	120	9,885	121	9,882
138	9,862	135	9,855			143	9,872	145	9,863
161	9,848			164	9,838			169	9,843
						188	9,845	193	9,830
				227	9,795			217	9,818
						241	9,800	241	9,802
		272	9,760			284	9,772	264	9,788
		300	9,738					309	9,750
				346	9,705	347	9,723	362	9,713
								405	9,670
				450	9,615	466	9,633	468	9,610
						635	9,475	587	9,510
						666	9,440	741	9,330
						690	9,410	772	9,295
								860	9,183

2° Taux d'azote.

	cm³	
Échantillon primitif.	208,9 208 210,3 209,5	Moyenne. 209,2
Échantillon n° 1. Après 161h de chauffage. Poids restant 9g,848....	206,5 207,3 205,8 206,6	206,5
Échantillon n° 2. Après 300h de chauffage. Poids restant 9g,738....	203,8 203,4 203,8 204,3	203,8

Digitized by Google

Échantillon n° 3. Après 450h de chauffage. Poids restant 9g,615....	201,1 202,2 199,6	201,0
Échantillon n° 4. Après 690h de chauffage. Poids restant 9g,410....	198,4 198,1 198,5	198,3
Échantillon n° 5. Après 860h de chauffage. Poids restant 9g,183....	195,8 195,7	195,75

On en conclurait, comme précédemment, que 1g des produits volatils émis contient une quantité de produits nitreux correspondant en centimètres cubes de bioxyde d'azote,

De 0h à 161h, à 725,73,
De 161 à 300, à 331,70,
De 300 à 450, à 422,68,
De 450 à 690, à 324,94,
De 690 à 860, à 301,44.

On peut se reporter au diagramme n° 2 pour suivre les courbes représentant ces phénomènes, comparées à celles qu'on a obtenues dans la deuxième série d'essais avec de la poudre BM 1.

On voit que, en ce qui concerne les pertes de poids, elles sont pour le coton-poudre sensiblement proportionnelles aux durées de chauffage et excessivement faibles relativement à celles que subit la poudre BM 1 dans les mêmes conditions. C'est ainsi qu'au bout de 860 heures, la perte pour le coton-poudre n'atteint pas 9 pour 100, alors qu'elle dépasse 52 pour 100 pour la poudre.

En ce qui concerne la proportion de produits nitreux contenus dans les gaz, et toutes réserves faites, comme précédemment, sur la précision de nos chiffres qui ne sont qu'approximatifs, il apparaît nettement que les produits de la décomposition du coton-poudre sont beaucoup plus riches en produits nitreux que ceux que dégage la poudre, et que leur teneur en azote, maxima au début du chauffage, va en décroissant à mesure qu'on le prolonge.

Quatrième série d'essais. — Tous les essais précédemment décrits ont été faits en employant *le chauffage continu* dans *des capsules ouvertes*. Nous avons montré autrefois (Compte rendu

Digitized by Google

d'essais et expériences, *Bulletin* du 5 juin 1903, schéma n° 4) que la discontinuité du chauffage sur des poudres *en vase ouvert* conduisait à des pertes de poids sensiblement égales à celles qu'on aurait obtenues si le chauffage n'avait pas été interrompu.

Il était intéressant de voir comment les poudres se comportaient sous l'action d'un chauffage *discontinu* dans des récipients *plus ou moins hermétiquement fermés.*

A cet effet, on a repris un échantillon de la poudre BM 1 (L), lot 2, G 1904 R, ayant été soumise dans la deuxième série d'essais à des chauffages continus en vase ouvert. Deux échantillons de 10^g ont été placés dans des tubes en verre servant habituellement aux épreuves réglementaires de résistance avec leurs bouchons à ressort. Ces tubes subissaient chaque jour un chauffage de 10 heures séparé par des intervalles de 14 heures en règle générale et, exceptionnellement, de 38 heures, pendant lesquelles ils étaient déposés sur une table à la température ambiante *sans être ouverts.* Ils étaient pesés chaque jour à leur sortie de l'étuve; on s'était assuré que les poids du flacon et de son bouchon n'étaient pas influencés par le chauffage.

On a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

Poids initial.....	TOTAL des heures de chauffage.	TOTAL des heures de refroidissement.	ÉCHANTILLON N° 1. 10g	ÉCHANTILLON N° 1. p. 100	ÉCHANTILLON N° 2. 10g	ÉCHANTILLON N° 2. p. 100
	h		g	1,35	g	1,60
Après un premier chauffage de 10h...	10		9,865		9,840	
suivi d'un refroidissement de 14h..		14h		0,65		0,70
Après un deuxième chauffage de 10h.	20		9,800		9,770	
suivi d'un refroidissement de 14h..		28		0,80		0,68
Après un troisième chauffage de 10h.	30		9,720		9,702	
suivi d'un refroidissement de 14h..		42		0,50		0,67
Après un quatrième chauffage de 10h.	40		9,670		9,635	
suivi d'un refroidissement de 38h..		80 (apparition de vapeurs rouges dans les tubes).				2,95
Après un cinquième chauffage de 10h.	50		9,620		9,340	
suivi d'un refroidissement de 14h..		94		4,60		9,55
Après un sixième chauffage de 10h...	60		9,16		8,385	
suivi d'un refroidissement de 14h..		108		8,40		5,95
Après un septième chauffage de 10h..	70		8,320		7,785	
suivi d'un refroidissement de 14h..		122		3,80		4,20
Après un huitième chauffage de 7h..	77		7,940		7,365	
suivi d'un refroidissement de 14h..		139		4,55		6,60
Après un neuvième chauffage de 11h.	88		7,485		6,705	
suivi d'un refroidissement de 13h..		152		3,45		4,30
Après un dixième chauffage de 11h..	99		7,140		6,275	

Au cours du onzième chauffage, un tube d'un autre essai ayant fait explosion, ceux qui contenaient les deux échantillons ci-dessus ont été brisés et l'on n'a pu continuer l'expérience.

Les résultats obtenus jusqu'à 99 heures suffisent d'ailleurs pour montrer la marche du phénomène. Les pertes de poids *horaires* vont en décroissant jusqu'à la quarantième ou cinquantième heure de chauffage, moment où apparaissent des vapeurs rouges.

Alors commence une période de décomposition excessivement rapide se traduisant par des pertes 8,40 et 9,55 pour 100 en 10 heures de chauffage; puis il y a ensuite une certaine décroissance, les pertes horaires restant considérables et variant de 3 à 4 pour 100 pour 10 heures de chauffage quand on arrive vers la centième heure.

Digitized by Google

Si l'on compare ces résultats à ceux qu'on avait obtenus en vase ouvert avec chauffage continu, on voit qu'il a suffi de 99 heures de chauffage pour obtenir des pertes totales de poids de même ordre que celles qui ne se produisent qu'au bout de 450 à 500 heures de chauffage et des vitesses de décomposition (pertes horaires) presque décuples. L'effet du chauffage en récipient fermé (augmenté sans doute par le refroidissement en milieu acide) a donc été d'accélérer considérablement la décomposition de l'explosif; mais, M. l'ingénieur Lheure ayant montré, d'autre part, dans son étude sur la conservation des poudres B, que le chauffage en vase hermétiquement clos arrêtait presque complètement la décomposition, il découlerait logiquement de ces deux résultats inverses qu'il vaudrait mieux, pour la bonne conservation des poudres B, des récipients complètement ouverts dans un milieu bien ventilé que des récipients non hermétiquement clos, s'il était permis de tirer des conclusions pour les températures habituelles d'essais faits à très haute température.

Une autre série d'essais a bien mis en évidence l'innocuité relative du chauffage des poudres B à haute température en vase complètement ouvert : un échantillon de poudre BR-1-94-R reçu de Cherbourg pour être radoubé, ayant donné aux essais de résistance 3 heures 10 minutes dans les essais de la Marine, et 5 heures 35 minutes dans les essais faits à la réception en Poudrerie, a été chauffé à l'air libre en vase ouvert dans l'étuve à 110° et a donné les résultats suivants :

HEURES du chauffage continu à 110°.	POIDS RESTANTS.	
0	100,00	
24	97,30	2,70
48	96,77	0,53
72	96,10	0,67
96	95,35	0,75
120	94,25	1,10
144	92,85	1,30
192	89,98	2,87
216	85,83	3,25

Digitized by Google

Les pertes de poids sont du même ordre que celles observées sur l'échantillon n° 1 (BC) dans la première série d'essais.

On a repris l'essai en chauffant dans une boîte en laiton, mais avec un couvercle non étanche, s'engageant sur la boîte à frottement doux. La poudre était soumise toutes les 24 heures à un chauffage qui durait 10 heures en général; pendant l'intervalle de refroidissement, la poudre restait *dans la boîte fermée*. On a obtenu les résultats suivants :

Poids initial.....							100,00	
1er	jour après	6	heures	de	chauffage.....		97,45	2,55
2e	»	»	16	»	»	.....	97,30	0,15
3e	»	»	26	»	»	.....	97,10	0,20
4e	»	»	36	»	»	.....	97,70	0,40
5e	»	»	46	»	»	.....	93,10	3,60
8e	»	»	56	»	»	.....	91,30	1,80
7e	»	»	96	»	»	.....	89,50	1,80

On voit que les pertes de poids sont déjà plus rapides et elles atteignent au bout de 66 heures de chauffage effectif les mêmes pertes qu'on n'obtenait qu'après 180 heures de chauffage en vase ouvert.

Un échantillon de la même poudre, chauffé dans un tube ordinaire servant aux épreuves de résistance, muni de son couvercle à ressort, flambait après 6 heures 30 minutes de chauffage.

Enfin, de deux échantillons successifs chauffés dans des tubes en verre hermétiquement clos, scellés à la lampe, du type adopté par M. l'ingénieur Lheure dans ses essais sur la conservation des poudres B, l'un sautait après 3 heures 25 minutes de chauffage, l'autre après 3 heures 20 minutes.

On voit que, pour cette poudre à faible résistance, la décomposition s'accélérait à mesure que le récipient devenait de plus en plus étanche. Ce phénomène est sans doute dû à une action décomposante des vapeurs acides dégagées; il a été déjà reconnu, puisqu'on a observé que la prolongation du chauffage, après que le papier de tournesol est devenu rouge au cours d'un des chauffages qui constituent les épreuves de résistance, abrège la durée totalisée de l'épreuve.

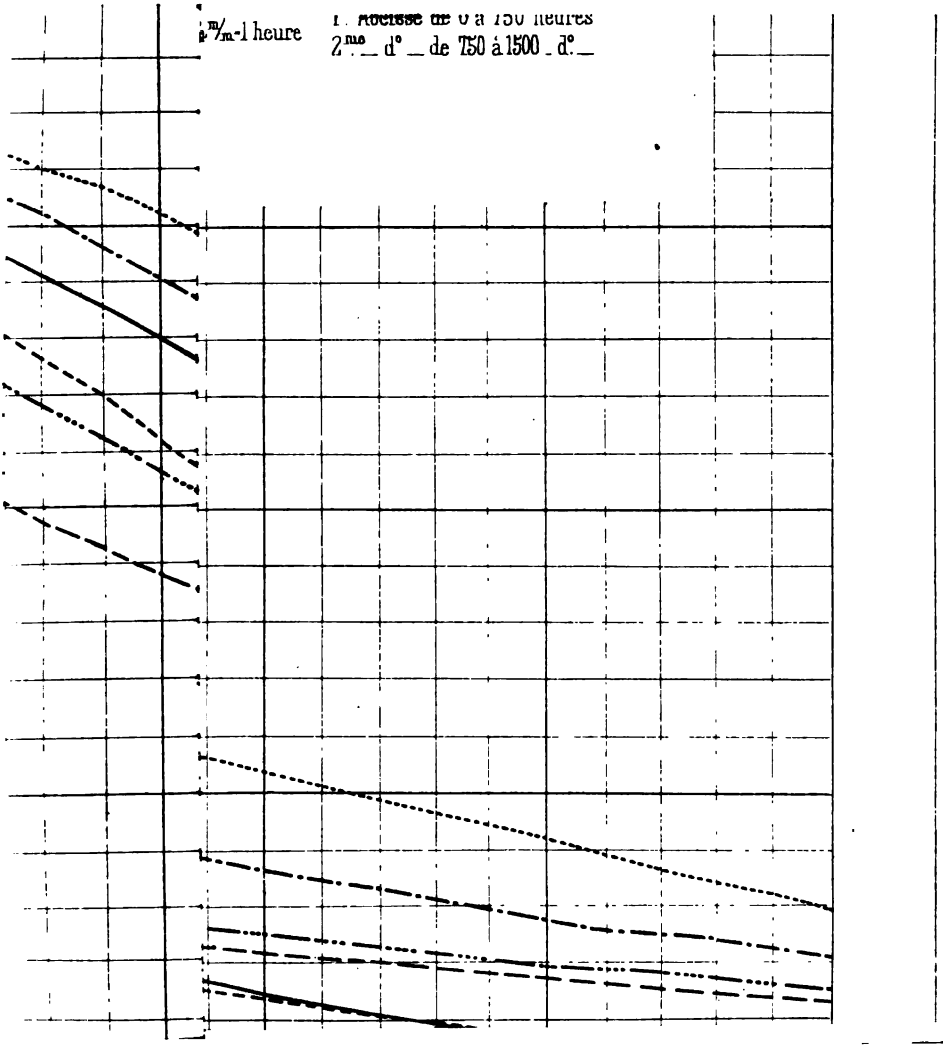
Digitized by Google

Il était peut-être utile d'appeler l'attention sur ce point au moment où, en France comme à l'étranger, on s'apprête à conserver les poudres dans des récipients hermétiquement clos.

Le Ripault, le 22 *août* 1905.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

ÉTUDE

DE LA

DÉNITRATION DU COTON-POUDRE

ET DES

POUDRES B.

PAR

P. VIEILLE,

Inspecteur général des Poudres et Salpêtres.

Le Laboratoire central des Poudres a entrepris, au cours des années 1907-1908, une étude générale de l'influence des diverses variables de la conservation (chaleur, humidité) sur la dénitration du coton-poudre et des poudres B (1).

Cette étude a porté notamment sur des échantillons ayant subi de longues durées de conservation dans des conditions bien définies, grâce aux témoins mis en observation au Laboratoire central depuis l'origine de la fabrication des divers types AM ou non AM : 1886, 1896, 1903.

La présente Note concerne la dénitration du coton-poudre et des poudres B conservés à la température ordinaire. Les mesures du taux d'azote ont porté sur le coton précipité provenant de la mesure du taux de dissolvant. Les résultats indiqués sont les moyennes de deux épreuves concordantes au minimum.

(1) Les expériences ont pu être faites avec une facilité relative grâce à l'adjonction d'un groupe de quatre nitromètres de Lunge à l'atelier de taux de dissolvant dirigé par le chef-ouvrier Nouvel. M. Marqueyrol a organisé cette nouvelle installation et vérifié, par des comparaisons avec les taux d'azote obtenus par la méthode de Kjeldahl, que la précision des déterminations au nitromètre était satisfaisante.

Digitized by Google

DÉNITRATION DU COTON-POUDRE ET DES POUDRES B CONSERVÉS A LA TEMPÉRATURE ORDINAIRE.

I. — Coton-poudre N° 1.

Le Laboratoire central a reçu le 3 novembre 1887 un échantillon de coton-poudre anglais prélevé sur les livraisons faites par l'usine de Stow Market au Gouvernement français à l'origine des fabrications de poudre B (marchés de 300 000^{kg}; février-septembre 1887).

Cet échantillon a été conservé en flacon non étanche dans l'un des petits dépôts enterrés du Laboratoire central jusqu'au mois de mars 1908. Il a été soumis à cette date aux épreuves actuellement réglementaires pour la réception du coton-poudre. Il a fourni les résultats suivants :

Mars 1908.	Épreuve d'Abel.....	> 20 minutes
»	Étuvage à 110°.....	> 7 heures

Taux de bioxyde d'azote par gramme sec, 202$^{cm^3}$,1.

Le taux d'azote primitif n'ayant pas été déterminé sur cet échantillon en 1887, il n'est pas possible d'affirmer que la dénitration a été entièrement négligeable pendant cette période de 21 ans, mais il convient de rapprocher le taux de 202$^{cm^3}$,1, soit du taux moyen de 204$^{cm^3}$,4 obtenu à la même date et avec les mêmes appareils sur neuf lots de CP_1 fabriqués par la Poudrerie d'Angoulême, soit du taux moyen de 205$^{cm^3}$,3 obtenu sur deux lots CP_1 du Moulin-Blanc, les nombres oscillant entre 202$^{cm^3}$,9 et 206$^{cm^3}$,4.

La dénitration dans une période de conservation de 21 ans aux températures ordinaires de nos climats a donc été sensiblement négligeable pour le coton-poudre anglais fabriqué à Stow Market par trempage en auge, pulpage et lavage à l'eau chaude, suivant les procédés d'Abel (1).

(1) Cette constatation de la persistance de la stabilité et de la composition chimique du coton-poudre en conservation prolongée n'exclut pas toutefois des traces de dissociation. C'est ainsi qu'on observe en conservation normale le souf-

Digitized by Google

Ce procédé est d'ailleurs celui qui a été constamment admis dans la fabrication française qui fournit les mêmes taux d'azote et les mêmes épreuves.

II. — Poudres B non AM.

BF 1886. *Conservé 22 ans à l'air ou sous l'eau.*

Le Laboratoire central des Poudres a mis en expérience le 11 mars 1886 deux échantillons d'une poudre BF préparée à Sevran au début de la fabrication industrielle. L'un des échantillons était placé à sec dans un flacon en verre à fermeture non

---

flage des torpilles fixes de la Marine au moment de leur relevage après de longues périodes de conservation. Pour des charges de 700^{kg}, on conçoit qu'une dénitration de quelques centièmes de centimètre cube de bioxyde d'azote par gramme de coton-poudre soit inappréciable à la mesure directe et puisse cependant entraîner l'absorption totale de l'oxygène contenu dans l'atmosphère de la torpille. Une constatation de cette nature résulte des analyses du Laboratoire central des Poudres effectuées sur les gaz prélevés à Toulon par M. l'ingénieur Guinot en 1900.

Sur les gaz obtenus à l'ouverture d'une torpille de 700^{kg} relevée après sept à huit années d'immersion, trois analyses ont mis en évidence la disparition presque complète de l'oxygène dans l'atmosphère de la torpille, et son remplacement par de l'hydrogène de l'acide carbonique et du protoxyde d'azote (Lettre du Laboratoire central du 31 juillet 1900).

Le coton-poudre composant le chargement de la torpille était d'ailleurs en bon état.

Composition des gaz recueillis sur l'eau à l'ouverture de la torpille.

NOMS DES GAZ.	ANALYSES.		
	Première.	Deuxième.	Troisième.
Oxygène	0,3	»	0,33
Acide carbonique	2,1	— 2,3	2,09
Protoxyde d'azote	1,5	1,0	1,42
Formène	0,5	0,85	0,43
Hydrogène	6,5	5,93	6,52
Azote	88,9	89,05	88,61
Total	99,8	99,13	99,40

Digitized by Google

étanche, l'autre immergé dans un flacon plein d'eau. Les deux flacons ont été placés dans le magasin aux échantillons du Laboratoire central.

On a soumis les deux échantillons le 1er février 1908, aux épreuves réglementaires à 110° et à la détermination du taux d'azote.

Les poudres ont conservé un bel aspect : grains translucides de teinte brune. Les propriétés balistiques vérifiées plusieurs fois au cours de la conservation n'ont subi aucune altération.

DÉSIGNATION DE L'EXPLOSIF.	TAUX d'azote.	ÉPREUVE à 110°.	TAUX de dissolvant.
	cm³	h m	
BF, mars 1886. Conservé à l'air. Magasin du Laboratoire central.	201,1	0.25	0,70
BF, mars 1886. Conservé sous l'eau. Même magasin	201,9	0.43	0,54

Ces taux d'azote sont identiques à ceux des poudres neuves de même type obtenues en fabrication courante. Le taux de dissolvant très faible de ces poudres explique leur faible résistance à l'épreuve à 110°. Ce défaut de résistance est tout à fait indépendant d'une altération du coton-poudre (1).

BC 1897, *à l'air libre.*

Le Laboratoire central a reçu de la Commission de Versailles, en 1897, en vue de l'unification des méthodes d'étuvage à 110°,

(1) Le défaut de résistance des poudres B sans dissolvant tient à la propriété connue que présente le coton-poudre compact, de s'attaquer violemment à haute température par les produits de sa propre dissociation agissant sous pression.

C'est ainsi que du coton-poudre neuf CP_1 ou CP_2 précipité de sa dissolution dans l'acétone ou dans le mélange d'alcool et d'éther, de façon à détruire sa texture fibreuse qui s'oppose à l'agglomération sous forme de matière compacte, peut présenter deux modes de résistance très différents à l'épreuve à 110°.

Lorsqu'il est comprimé en pastilles de faible densité, il donne les épreuves successives de longue durée ordinairement observées sur le coton-poudre pulpé et purifié par les procédés d'Abel.

Lorsqu'il est comprimé sous forte pression (3600kg par centimètre carré), il se transforme en pastilles compactes imperméables aux gaz à haute pression et

Digitized by Google

des gargousses du lot de BC 2e 97 R sans alcool amylique. Ce lot a été conservé à l'air dans le magasin du Laboratoire et soumis annuellement à des épreuves de résistance dont les valeurs sont données par le diagramme I ci-après.

B_{95} *de* 1896, *à l'air libre.*

Une gargousse de poudre B_{95} (non AM) 3e 96 B, provenant de munitions conservées à Alger dont les sachets s'étaient colorés en jaune sous l'influence de températures extérieures élevées, a été adressée au Laboratoire au mois de mai 1900, conservée à l'air dans le magasin du Laboratoire et soumise à des épreuves annuelles de résistance.

Le Tableau suivant donne pour ces deux poudres non AM les épreuves totalisées après une conservation de 11 années et les taux d'azote observés en février 1908 :

---

susceptibles de brûler en vase clos par couches parallèles avec des vitesses de combustion analogues à celles des poudres B.

Mais en même temps les épreuves de résistance à 110° prennent le caractère des épreuves de poudres B sans dissolvant.

Après une ou deux épreuves de 5 ou 6 heures, par exemple, l'épreuve s'emporte et tombe à 50 minutes, comme l'indique le relevé ci-dessous :

ESSAIS DE NOVEMBRE 1901.

184e *lot* CP_1 1901, *Moulin-Blanc, précipité en collodion à l'acétone.*

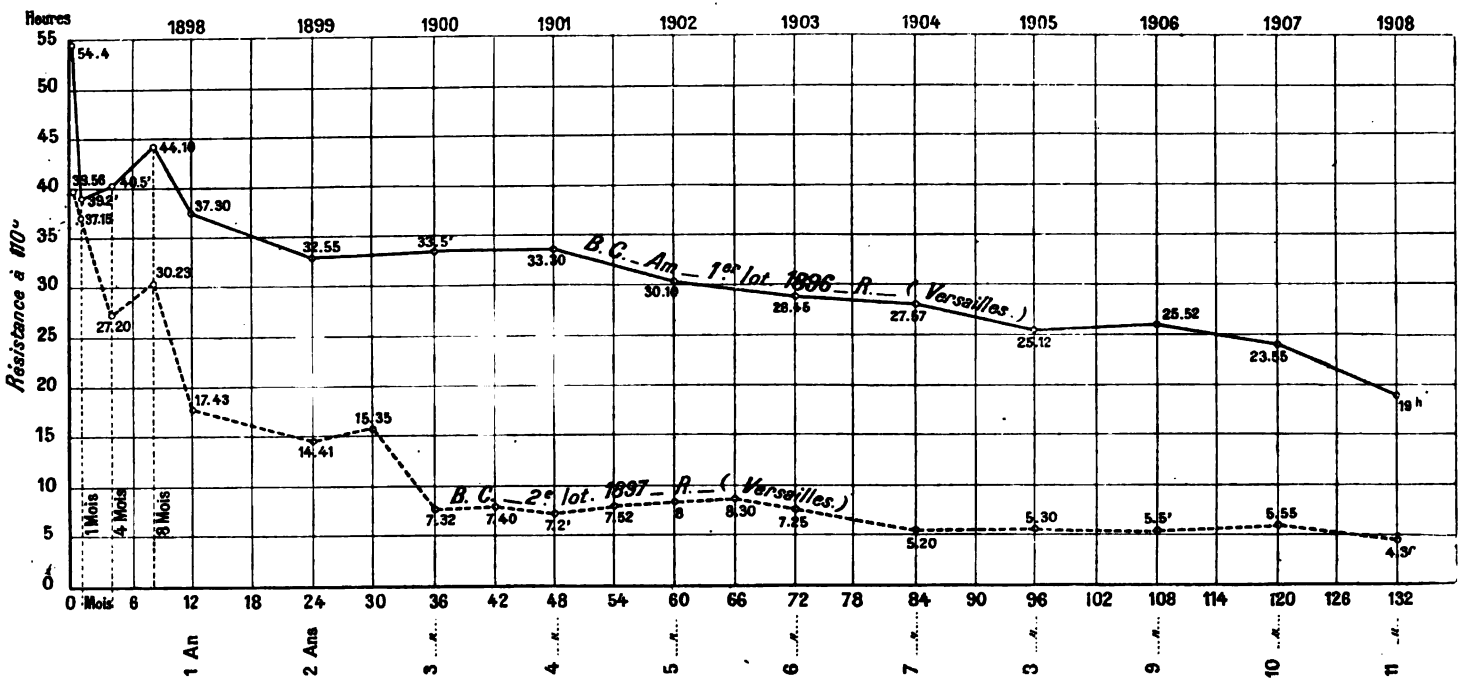
	Épreuves à 110° totalisées.	
Pastilles comprimées à 400kg par centimètre carré	$88^h\,10^m$	$96^h\,20^m$
Pastilles comprimées à 3600kg par centimètre carré	$6^h\,10^m + 0^h\,50^m = 7^h$	$6^h + 3^h\,50^m + 1^h + 0^h\,50^m = 12^h\,25^m$

67e *lot* CP_2 1901, *Moulin-Blanc, précipité en collodion alcool éther.*

	Épreuves à 110° totalisées.
Pastilles comprimées à 400kg par centimètre carré	$112^h\,20^m$
Pastilles comprimées à 3600kg par centimètre carré	$5^h\,30^m + 5^h\,00^m + 0^h\,45^m = 11^h\,15^m$

Digitized by Google

Fig. I.



Digitized by Google

DÉSIGNATION des poudres.	ÉPREUVES totalisées		TAUX D'AZOTE. Février 1908.	TAUX de dissolvant.
	1907.	1908.		
	h m	h m		
BC, 2e, 97 R.....	5.55	4.30	198,8	0,35
B_{95}, 3e, 96 B.....	6 02	4.42	197,6	1,02

Les taux d'azote paraissent légèrement inférieurs aux taux des poudres neuves sans que la différence dépasse 2 pour 100.

III. — Poudres B AM.

Les seules poudres B AM dont la durée de conservation à la température ordinaire ait atteint une valeur importante sont des poudres AM_2, les poudres AM_8 n'ayant été introduites qu'en 1903.

Le Laboratoire central a disposé des échantillons suivants :

1° BC AM 1er 1896 R, envoyé au Laboratoire central en 1897 par la Commission de Versailles en vue de l'unification des méthodes d'étuvage à 110°. Ce lot est conservé depuis 11 années à l'air libre et soumis à des vérifications annuelles (diagramme I).

2° B_{95} AM 3e 97 B, adressé en 1900 au Laboratoire et provenant de gargousses conservées à Oran dont les sachets s'étaient colorés en jaune sous l'influence de températures élevées. Ce lot, conservé à l'air en magasin depuis 1900, a été soumis aux épreuves annuelles de résistance.

3° BC AM 1-99 B, provenant de Bellegarde et signalé en septembre 1901 comme suspect par les services de l'Artillerie, comme ayant donné des épreuves faibles à 110°. Ce lot, soumis à 20 épreuves portant sur des échantillons prélevés sur toutes les gargousses, fut trouvé au Laboratoire central de haute résistance; il a été conservé et a servi à des expériences de conservation dans des conditions extrêmes d'humidité et de variations hygrométriques. A cet effet, le lot a été partagé en cinq parties:

La première a été conservée à l'air libre dans le magasin du Laboratoire;

Digitized by Google

La deuxième a été conservée à l'air libre dans un sachet suspendu à un arbre à toutes les intempéries;

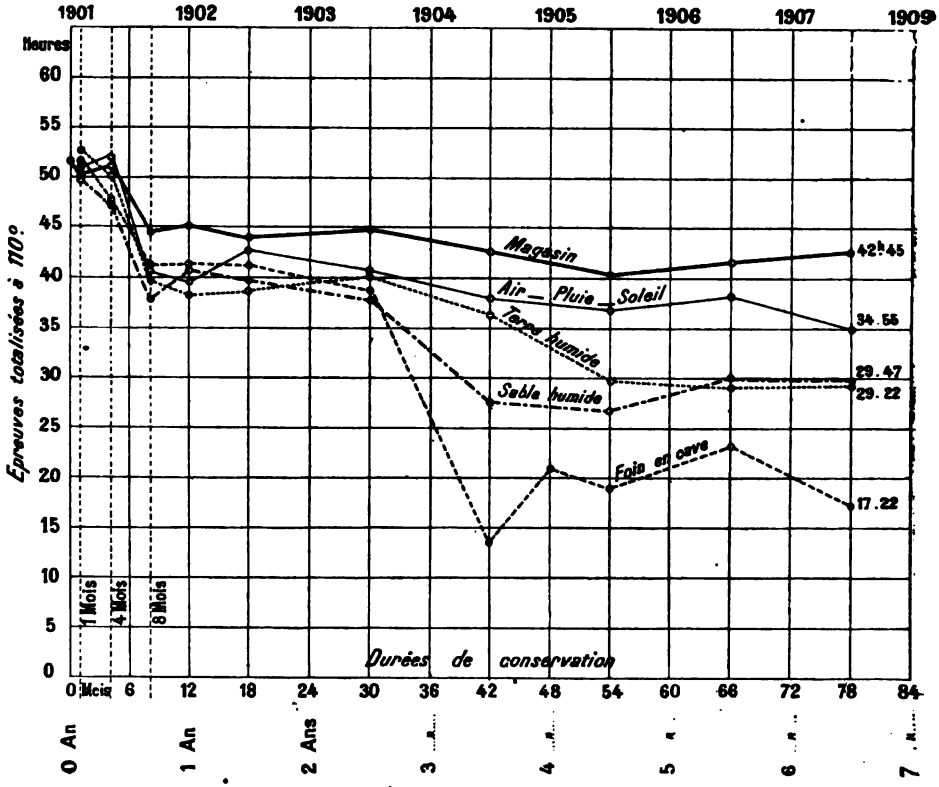
La troisième a été conservée dans un sachet enfoui dans une butte de terre à $0^m,60$ environ de profondeur;

La quatrième a été conservée dans un sachet placé dans une caisse de sable humide enfouie elle-même dans une butte de terre;

La cinquième a été conservée dans un sachet placé au centre d'une caisse pleine de foin humide déposée dans une cave.

Les échantillons ont été soumis annuellement aux épreuves de résistance à 110° (diagramme II).

Fig. II.



4° BM_9 AM 10e 97 SL. Ce lot, conservé à Rochefort, a été considéré comme suspect en 1904 à la suite d'épreuves faibles. Il est en observation et des échantillons sont envoyés annuellement de-

Digitized by Google

puis cette époque au Laboratoire central pour être soumis aux épreuves d'étuvage. Ces épreuves sont restées depuis 4 ans stationnaires au voisinage de 35 heures :

1904, 34^h29^m; 1905, 37^h2^m; 1906, 39^h8^m; 1907, 35^h16^m.

5° BM_9 AM 3e 99 SM. Même signalement que le précédent. Lot suspecté en 1904 et soumis annuellement à des épreuves à 110° qui sont restées depuis 4 années très élevées et supérieures à 60 heures :

1904, 65^h22^m; 1905, 57^h35^m; 1906, 56^h16^m; 1907, 65^h23^m.

Ces 9 types de poudres AM ont été soumis dans les premiers mois de 1908 à des épreuves de taux d'azote rapprochées dans le Tableau ci-dessous des épreuves de résistance à 110° correspondantes.

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	ÉPREUVE totalisée à 110° en 1907-1908.	TAUX de bioxyde d'azote en 1908.	TAUX de dissolvant.
	h m	cm³	
BC. AM, 1 1896 R 11 années à l'air libre. Magasin du laboratoire	23.55	197,4	2,08
B_{9}, 3e, 97 B. Oran et 8 années à l'air libre. Magasin du Laboratoire	20.22	197,6	1,97
BC, 1 1899 B. Provenant de Bellegarde et depuis 1901 au Laboratoire central. Conservé 6½ années en magasin	42.45	199,7	1,73
BC, 1 1899 B. Provenant de Bellegarde et depuis 1901 au Laboratoire. Conservé 6½ années à l'air libre sans abri	34.55	201,2	1,68
BC, 1 1899 B. Provenant de Bellegarde et depuis 1901 au Laboratoire central. Conservé 6½ années en terre humide	29.22	200,4	1,82
BC, 1 1899 B. Provenant de Bellegarde et depuis 1901 au Laboratoire central. Conservé 6½ années sous sable humide.	29.47	200,9	1,59
BC, 1 1899 B. Provenant de Bellegarde et depuis 1901 au Laboratoire central. Conservé 6½ années en caisse de foin humide en cave	17.22	200,9	1,66
BM_9, AM, 10e, 1897 SI. Conservé à Rochefort. Envois annuels	35.16	196,4	2,54
BM_9, AM, 3e, 1899 SM. Conservé à Rochefort. Envois annuels	65.23	198,6	4,17

Digitized by Google

Les taux d'azote observés après des durées de conservation de 10 à 11 ans sont très légèrement inférieurs à ceux que présentent des poudres neuves de même type. Mais ces variations seraient en tout cas sans rapport avec la résistance de la poudre. On peut en particulier remarquer que les quatre poudres BC et B_{95} de 1896-1897, AM et non AM, conservées depuis 11 années et 8 années au magasin du Laboratoire central, ont exactement les mêmes taux d'azote, bien que leurs épreuves à 110° diffèrent du simple au quadruple. Ces résistances paraissent au contraire liées aux taux résiduels de dissolvant beaucoup plus faibles pour les poudres non AM que pour les poudres AM de même indice.

En résumé, la conservation prolongée pendant des durées de 10 à 20 ans du coton-poudre, et des poudres B, AM ou non AM, aux températures moyennes de nos climats, dans les conditions hygrométriques les plus variées (conservation sous l'eau ou dans des milieux humides), n'entraîne pas de dénitration sensible du coton-poudre. Cette absence de dénitration est d'ailleurs compatible avec la perte presque totale de la résistance à 110° pour les poudres B non AM dont le dissolvant est facilement éliminable.

Paris, le 5 *mai* 1908.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

DÉNITRATION SÈCHE DES POUDRES B

SOUS L'INFLUENCE DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES.

SIGNIFICATION DES ÉPREUVES DE CHAUFFAGE RÉGLEMENTAIRE.

PAR

P. VIEILLE,

Inspecteur général des Poudres et Salpêtres.

Nous avons montré dans une Note précédente, sur la dénitration du coton-poudre et des poudres B à la température ordinaire, que des durées de conservation de l'ordre de 20 années à la température ordinaire de nos climats n'impliquaient aucune dénitration appréciable, au degré de précision des mesures, soit du coton-poudre (coton-poudre de Stow Market livré en 1888), soit des poudres B maintenues en magasin à l'air libre ou sous l'eau (poudres BF de 1886).

Cette absence presque totale de dénitration était d'ailleurs compatible avec des résistances très variables aux élévations de température suivant la teneur du taux de dissolvant conservé par la poudre; c'est ainsi que des poudres à l'alcool éthylique pur, qui éliminent rapidement avec le temps leur dissolvant résiduel, tombaient après 12 années de conservation à l'air libre à des résistances à 110° extrêmement faibles, bien que leur taux d'azote fût normal, tandis que des poudres à 2 pour 100 d'alcool amylique conservaient, après cette même période d'exposition à l'air de 12 années, des résistances à 110° de 20 heures avec une perte régu-

Digitized by Google

lière de 1 à 2 heures par année. La perte de résistance au chauffage n'était donc pas liée à une dénitration préalable de la poudre.

Nous nous sommes proposé d'étudier dans cette deuxième Note l'influence, sur la dénitration, des *températures élevées* et particulièrement de celles qui sont utilisées dans les épreuves réglementaires à 110° ou dans les épreuves de chauffage continu à 75° que le Service des Poudres s'est imposées depuis l'origine de la fabrication des poudres AM en 1896.

A cet effet, on a déterminé sur les cotons-poudres CP_1 et CP_2, sur des poudres AM_2 et AM_8 de fabrication courante, et sur des poudres AM_2 soumises à une longue conservation :

1° Le taux d'azote initial (nitromètre de Lunge);

2° Le taux d'azote après des durées variables de chauffage à 110° dans les conditions d'exécution de l'épreuve réglementaire (c'est-à-dire par chauffages successifs limités à l'apparition des premières traces de vapeurs nitreuses) ;

3° Le taux d'azote après des durées variables d'un chauffage à 110° continu à tube ouvert, c'est-à-dire en éliminant l'action secondaire des vapeurs nitreuses dues à la décomposition, non plus par l'arrêt du chauffage comme dans le cas précédent, mais par la ventilation continue du tube;

4° Le taux d'azote après des durées variables de chauffage à 75° en tube ouvert et étuve légèrement ventilée dans les conditions des épreuves normales du Laboratoire central.

Ces expériences ont été complétées par quelques déterminations portant sur des échantillons de coton-poudre ou de poudres B soumis depuis une dizaine d'années à l'étuvage continu à 40° en vase ouvert.

Dans tous ces essais la dénitration est opérée en atmosphère sensiblement sèche, la fraction de saturation de l'air extérieur admis dans les étuves se trouvant abaissée à une valeur très faible par l'élévation de la température.

Cette étude concerne donc la dénitrification du coton-poudre ou des poudres B par l'action de la température seule à l'exclusion des actions secondaires pouvant résulter soit de l'influence des vapeurs nitreuses, soit de l'humidité.

C'est en effet par la superposition, souvent mal définie, de ces diverses variables que les expériences se compliquent et cessent

Digitized by Google

de pouvoir recevoir une interprétation simple, et il nous a paru nécessaire de séparer ces actions secondaires, qui seront étudiées dans des Notes spéciales.

I. — Dénitration du coton-poudre et des poudres B par l'action de la chaleur sèche a 110°.

1° *Dénitration à 110° des cotons-poudres.*

Première série : *Tubes fermés.* — Les essais ont porté sur des échantillons de CP_1 et de CP_2 de 1907 provenant des deux établissements d'Angoulême et du Moulin-Blanc.

Les cotons-poudres pulvérulents prélevés sur les échantillons adressés au Laboratoire central en vue des essais de réception ont été chauffés à la charge de $2^g,25$ en tubes fermés pendant des durées de 48, 96 et 144 heures dans l'étuve à thermorégulateur d'Arsonval réglée à $108°,5$ (dans les tubes de chauffage).

Les résultats observés sont renfermés dans le Tableau suivant :

Taux de bioxyde d'azote par gramme sec.

	CP_1 Ae. N° 100, 1907.	CP_2 Ae. N° 79, 1907.	CP_1 MB.	CP_2 MB.
	cm³	cm³	cm³	cm³
Avant chauffage	209,5	194,2	206,5	183,0
Après 48 heures	205,3	193,7	204,8	182,5
Après 96 heures	201,9	189,6	199,5	180,0
Après 144 heures.....	200,0	187,6	196,5	179,7

On voit que les deux cotons CP_1 au maximum de nitration ont perdu 10^{cm^3} environ en 144 heures, tandis que le CP_2 Ae au taux primitif de $194^{cm^3},5$ n'a perdu que $6^{cm^3},6$, et que le CP_2 MB, qui ne titrait que 183^{cm^3}, n'a subi que la dénitration très faible de $3^{cm^3},3$. La stabilité chimique du coton-poudre sous l'action de températures élevées est donc d'autant plus grande que ce coton-poudre est moins nitré. La dénitration se présente donc comme une action antagoniste tendant à accroître la résistance du produit aux conditions de milieu auxquelles il est soumis. Ces résultats étaient d'ailleurs vraisemblables, puisque l'on sait d'autre part, par les recherches de Lunge, que les variétés les plus nitrées du coton-

Digitized by Google

poudre sont instables et ne résistent pas aux lavages intensifs à chaud qui caractérisent les fabrications des cotons-poudres de guerre.

En résumé, la dénitration du coton-poudre CP_1, variété la plus puissante mais aussi la plus sensible à l'action de la chaleur, n'a pas dépassé $0^{cm^3},07$ par heure de chauffage à 110°.

Le CP_2 fournirait une dénitration environ moitié moindre.

Les résultats obtenus dans cette série présentent un intérêt de comparaison entre les divers types de cotons-poudres; mais, au point de vue de la valeur absolue des dénitrations, ils prêtent à une objection résultant des conditions du chauffage *en tube fermé* pendant des durées s'élevant jusqu'à 144 heures. Dans ces conditions l'action des vapeurs nitreuses, formées par les produits azotés de dénitration au contact de l'atmosphère du tube, n'est pas éliminée, et ce n'est pas l'effet de la température seule qui se trouve enregistré.

Deuxième série : *Épreuves successives limitées au premier rougissement du papier de tournesol.* — L'action secondaire des vapeurs nitreuses avait été écartée dans une série de chauffages effectués en 1896 sur deux échantillons de CP_1 d'Angoulême présentant les résistances maxima et minima de la fabrication courante. Les cotons-poudres sous forme de pastilles de 1^{gr} étaient chauffés par épreuves successives limitées au premier rougissement du papier de tournesol.

Les dénitrations observées et mesurées par dosage à la méthode de Kjeldahl sont rapprochées dans le Tableau suivant :

NATURE DES COTONS-POUDRES.		TAUX d'azote.	DIFFERENCE.	DÉNITRATION par heure.
		cm^3		
CP_1Ae 274°, 1898	avant chauffage.....	205,1		
	après 316 heures de chauffages successifs à 110°..	196,7	cm^3 8,4	cm^3 0,03
	après 408 heures.....	191,3	13,8	0,03
CP_1Ae 295°, 1898	avant chauffage.....	210,2		
	après 348 heures de chauffages successifs à 110°..	198,7	11,5	0,03
	après 361 heures.....	197,3	12,9	0,04

Digitized by Google

En attendant les résultats de vérifications nouvelles en cours, nous pensons que les valeurs de $0^{cm^3},03$ à $0^{cm^3},04$ par heure doivent être considérées comme représentant plus exactement que celles de la première série la vitesse de dénitration normale des cotons-poudres de fabrication courante sous l'action de la chaleur seule.

2° *Dénitration à* 110° *des poudres* B.

Poudres ayant supporté l'épreuve totalisée à 110°. — Dans une première série d'expériences on a déterminé les taux d'azote de poudres ayant supporté l'épreuve totalisée à 110°, c'est-à-dire de poudres amenées par des chauffages successifs à un état caractérisé par une vitesse d'émission nitreuse à 110° susceptible de rougir un papier de tournesol type en moins de 1 heure.

Le Tableau suivant rapproche les résultats obtenus sur des poudres de stabilités croissantes, depuis les plus faibles, c'est-à-dire inférieures à 1 heure, jusqu'aux stabilités des poudres AM_8 supérieures à 100 heures.

Digitized by Google

NATURE DES POUDRES.	TAUX d'azote avant l'épreuve.	DURÉE de l'épreuve totalisée à 110°.	TAUX d'azote après l'épreuve.	DÉNITRATION moyenne.
	cm³	h		
BF, SL 1886 exposé 22 *ans à l'air*, depuis le 18 mars 1886 dans le magasin du Laboratoire central.....	201,1	0.25	199,7	1,4 } 1cm³,25 pour une résistance de 0h35m.
Même lot conservé *sous l'eau* 22 *ans*.....	201,9	0.45	200,8	1,1 }
B_{95}, 3e/1896 B (Alger), 12 ans à l'air au Laboratoire central.....	197,6	4.55	194,8	2,8 } 1cm³,8 pour un chauffage de 4h42m.
BC, 2e/1897 R, 12 ans à l'air au Laboratoire central.....	198,8	4.30	198,0	0,8 }
B_{95}, AM 1er, 1896 B (Oran) 12 ans à l'air.....	197,6	24.06	196,0	1,6 } 1cm³,7 pour un chauffage de 23h50m.
BC, AM 1 1896 R, 12 ans à l'air.....	197,4	19.00	196,0	1,4 }
BM_{13} à radouber, Angoulême 1908, avant trituration.....	195,0	28.20	193,0	2,0 }
BC, AM 7 1907, SM....	201,4	58.40	190,7	10,7 } 5cm³,2 pour un chauffage de 51h36m.
BSP, AM, 8/1907. SM..	199,5	58.45	194,2	5,3 }
BM_{11}, à radouber, Angoulême, avant trituration.....	196,0	53.30	192,2	3,5 }
BC, AM 8 1907, SM....	197,9	43.50	195,2	2,7 }
BC, AM 9 1907, SM....	198,0	51.35	193,1	4,9 }
BSP, AM, 10 1907, SM.	198,6	43.15	194,6	4,0 }
BGC_1, 3 1907, SM.....	200,2	104.35	183,2	17,0 } 15cm³,4 pour un chauffage de 102h.
BM_{11}, AM_8, 10 1907, SM.	197,6	101.45	179,3	18,3 }
BM_2, AM_8, 3 1907. SM..	197,6	100 05	186,6	11,0 }

Ces premières déterminations mettaient en évidence un fait très important au point de vue de l'interprétation de l'épreuve de chauffage totalisée réglementaire : c'est que ce chauffage ne saurait

Digitized by Google

être considéré comme amenant les poudres à un même état de détérioration de la cellulose nitrée. Cette détérioration, loin d'être sensiblement la même lorsque l'émission nitreuse a pris des valeurs voisines caractérisées par le rougissement du papier de tournesol en moins de 1 heure, croît rapidement avec la durée du chauffage, de telle sorte que ce sont les poudres les plus stables au regard de l'épreuve qui sont également les plus dénitrées à la fin du chauffage.

Poudres de grande résistance arrêtées au cours de leur chauffage à 110° *après* 50 *et* 100 *heures.* — Une deuxième série d'expériences a porté sur des poudres de grandes résistances dont les épreuves à 110° ont été arrêtées après des durées de chauffage totalisées de 50 heures et de 100 heures.

Les résultats obtenus sont contenus dans le Tableau suivant :

NATURE DES POUDRES.	TAUX d'azote initial.	DURÉE de chauffage.	TAUX d'azote.	DIFFÉRENCE.	
		h		cm³	
BM_{11}, AM_8 12/1907, SM.	197,4	50	186,9	10,5	Dénitration de 8cm³,2 pour un chauffage de 50h.
$BM_{.}$, AM_8 rem. 1/1908, SM.....	195,2	50	187,6	7,6	
$BM_{.}$, AM_8 rem. 2/1908, SM.....	195,3	50	187,9	7,4	
BM_{13}, AM_8 1 1907, PB..	198,1	50	191,1	7,0	
$BM_{1.}$, AM_8 3 1907, PB..	195,9	50	187,4	8,5	
BM_{11}, poudre neuve reçue 1908 d'Angoulême avant trituration	196,0	100	184,0	12,0	Dénitration de 14cm³,6 pour un chauffage de 100h.
BM_9, AM_8 9/1907, SM..	201,7	100	184,6	17,1	
BM_9, AM_8 10/1907, SM.	196,5	100	182,2	14,3	
BM_{11}, AM_8 9/1907, SM.	197,8	100	181,7	16,1	
BM_{13}, AM_8 1/1908, PB..	198,0	100	185,9	12,1	
BM_{13}, AM_8 2/1908, PB..	197,5	100	185,7	11,8	
BM_{11}, AM_8 11 1907, SM.	198,0*	100	183,1	14,9	
BM_{13}, AM_8 3/1908, PB..	198,0*	100	182,1	15,9	
BM_{13}, AM_8 1/1907, PB .	198,1	100	183,9	14,2	
BM_{11}, AM_8 12/1907, SM.	198,6	100	180,7	17,9	
BM_{11}, AM_8 3/1907, PB..	195,9	100	181,4	14,5	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite.

Digitized by Google

On voit que la dénitration de poudres saines de grande résistance après des durées de chauffe inférieures à la durée de leur épreuve normale totalisée est exactement de même ordre que celle des poudres amenées après la même durée de chauffe à l'épreuve partielle limite inférieure à 1 heure.

En particulier, pour le long chauffage de 100 heures, on retombe sur le chiffre de 15^{cm^3} obtenu dans la première série. La dénitration après 50 heures a même été trouvée plus considérable (8^{cm^3}) dans la deuxième série que celle de $5^{cm^3},2$ observée dans la première série; mais, si l'on tient compte de l'incertitude expérimentale que comporte la détermination de différences de taux d'azote aussi faibles, il apparaît que la seule conclusion certaine que l'on puisse tirer de ces essais est la suivante :

La dénitration du coton-poudre des poudres B dans l'épreuve à 110° réglementaire est sensiblement proportionnelle à la durée de cette épreuve; elle correspond à une perte de $0^{cm^3},15$ environ par heure de chauffage et par suite la durée de l'épreuve totalisée à 110° ne caractérise que l'aptitude de la poudre à réduire plus ou moins complètement les oxydes de l'azote accompagnant la décomposition normale et générale pour tous les types de poudres B, produite par une élévation de température.

Chauffage continu à 110° en tube ouvert. — Bien que le principe même de l'épreuve à 110° réglementaire consiste à soustraire la poudre à l'action des vapeurs nitreuses résultant de la décomposition par l'arrêt du chauffage dès que le papier de tournesol indique une réaction acide, on pouvait se demander si, en réalité, le but poursuivi avait été atteint et si l'altération de la poudre ainsi chauffée en tube fermé était bien la même que celle d'une poudre soumise à la même épreuve en tube ouvert et ventilé.

Une série d'essais a été effectuée en vue de répondre à cette question.

A cet effet la charge de poudre de 10^g était placée dans un tube réglementaire, mais sans son tampon de fermeture supérieur; dans un essai on a employé un tube ouvert aux deux extrémités pour assurer plus complètement la ventilation de la poudre.

Les résultats obtenus après 50 et 100 heures de *chauffage continu* à 110° sont contenus dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

NATURE DE LA POUDRE.	TAUX d'azote avant chauffage.	TAUX d'azote après 50 heures de chauffage.	DIFFÉRENCE.	TAUX d'azote après 100 heures de chauffage.	DIFFÉRENCE.
BC, AM 7 1907, SM.....	201,4	190,5	10,9		
BC, AM 8 1907, SM.....	197,9	193,6	4,3		
BC, AM 9 1907, SM.....	198,0*	192,0	6,0		
BM_3, AM_8 rem. 1 1908, SM.	195,2	186,9	8,3	179,6	15,6
BM_3, AM_8 rem. 2 1908, SM.	195,3	188,1	7,2	179,6	15,7
BM_{13}, AM_8 1 1908, PB.....	195,2	184,8	10,4	178,3	16,9
BM_{13}, AM_8 1 1907, PB.....	198,1	191,8	6,3	182,0	16,0
BM_{11}, AM_8. 3 1907, PB....	195,9	187,4	8,5	180,7	15,2
BM_{11}, AM_8 12/1907, SM....	197,4	186,3	11,1	177,6	19,8
				188,2	9,4
BM_2, AM_8 4/1907, SM.....	197,8	"	"	188,6 tube ouvert aux deux extrémités	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite

La dénitration moyenne après 50 heures est de 8^{cm^3}, 1 et après 100 heures de 15^{cm^3},5. Ces nombres sont presque identiques à ceux qui ont été obtenus dans le chauffage par épreuves totalisées. Ils confirment la conclusion formulée plus haut, à savoir que l'action d'un étuvage soutenu à 110° (108,5 dans la poudre) se traduit par une dénitration d'environ 0^{cm^3}, 15 de bioxyde d'azote par gramme et par heure de chauffe, dans les limites de durée de 0 à 100 heures (moyenne observée dans 32 déterminations).

II. — Dénitration a 75°.

Les expériences de dénitration à 75° ont porté comme les épreuves à 110°, soit sur les poudres amenées par chauffage continu à l'altération finale réglementaire caractérisée par une résistance à 110° inférieure à 1 heure, soit sur des poudres très stables après des durées éloignées de la terminaison de l'épreuve. En outre, un certain nombre de lots ont été suivis dans des chauffages continués au delà de la durée qui avait réduit l'épreuve à 110° au-

Digitized by Google

dessous de 1 heure, afin de vérifier dans quelle mesure l'allure de la décomposition se modifiait dans cette période.

1° *Poudres amenées par chauffage* à 75° à l'altération caractérisée par une épreuve à 110° inférieure à 1 heure.

NATURE DES POUDRES.	TAUX d'azote initial.	DURÉE de chauffage.	TAUX d'azote final.	DIFFÉRENCE.	DÉNITRATION par jour de chauffe.	
				cm³	cm³	
BC, AM 6/1907, SM.....	201,0*	56 jours	196,9	4,1	0,07	
BSP, AM 9/1907, SM....	197,5	52 »	191,7	5,8	0,11	
BSP, AM 8/1907, SM....	197,9	60 »	192,3	5,6	0,09	
BC, AM 7/1907, SM.....	201,4	60 »	195,9	5,5	0,09	cm³
BGC_1, 3/1907, SM.....	200,2	72 »	189,5	10,7	0,15	0,10
BSP, AM 12/1907, R....	199,2	73 »	197,2	2,0	0,03	
BSP, AM 4/1907, SL....	200,0*	80 »	192,4	7,6	0,10	
BGC_1 1/1907, SM.....	198,9	92 »	185,7	13,2	0,15	
BM_{11}, AM_8 2/1907, SM...	198,0*	128 »	192,3	5,7	0,05	
BM_{11}, AM_8 1/1907, PB...	198,0*	160 »	179,6	18,4	0,11	
BM_{13}, AM_8 2/1907, PB...	198,0*	168 »	186,9	11,1	0,07	0,08
BM_9, AM_8 6/1907, SM ...	197,1	192 »	183,0	14,1	0,07	
BM_{13}, AM_8 6/1907, PB...	198,0*	204 »	182,0	16,0	0,08	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite.

Malgré certaines anomalies, imputables en partie au défaut de précision de l'épreuve de dosage d'azote, on voit que la dénitration journalière pour les poudres ayant fourni une épreuve de 50 à 100 jours est de $0^{cm^3},10$ et pour les poudres ayant résisté de 100 à 200 jours de $0^{cm^3},08$.

2° *Poudres très stables* dont les chauffages ont été arrêtés après 50 et 100 jours après une durée bien inférieure à l'épreuve normale (*voir* le Tableau de la page suivante).

Digitized by Google

DÉSIGNATION.	TAUX d'azote initial.	TAUX d'azote après 50 jours.	DIFFÉRENCE.	DÉNITRATION par jour.	TAUX d'azote après 100 jours.	DIFFÉRENCE.	DÉNITRATION par jour.
				cm³			cm³
BM_9, AM_8 6 1907, SM...	197,1	18,9,5	7,6	0,15	187,9	9,2	0,09
BM_9, AM_8 9 1907, SM...	201,7	190,5	11,2	0,22	188,8	12,9	0,13
BM_{11}, AM_8 9 1907, SM...	197,8	188,3	9,5	0,19	187,3	10,5	0,10
BM_{13}, AM_8 1 1908, PB...	198,0	191,6	6,4	0,13	186,2	11,8	0,12
BM_{13}, AM_8. 2 1908, PB..	197,5	190,6	6,9	0,14	185,9	11,6	0,12
BM_2, AM_8 4 1907, SM...	197,8	"	"	"	192,1 sup. / 191,3 inf.	5,9	0,06

La dénitration moyenne dans les 50 premiers jours a été trouvée de $0^{cm^3},17$ par jour sur 5 lots et dans les 100 premiers jours de $0^{cm^3},10$ sur 6 lots.

L'ensemble de ces résultats relatifs à 24 déterminations conduit à considérer la dénitration moyenne *par jour de chauffage à 75°* comme de l'ordre de $0^{cm^3},11$ de bioxyde d'azote par gramme. Elle diffère donc peu de la moyenne $0^{cm^3},15$ trouvée pour la dénitration *par heure de chauffage à 110°*, et nous retrouverons dans la dénitration des poudres cette équivalence approchée de l'heure à 110° et du jour à 75° que les expériences de chauffage antérieures ont mise en évidence sur des milliers de lots de poudre B des types les plus divers.

3° *Dénitration des poudres par la prolongation du chauffage à 75° au delà de la durée qui réduit l'épreuve partielle à 110° au-dessous de 1 heure.* — Les expériences dont il a été rendu compte concernent la dénitration des poudres dans la période de détérioration qui précède la réduction de l'épreuve à 110° au-dessous de 1 heure.

Nous nous sommes proposé de reconnaître si l'allure de la dénitration se modifiait par la prolongation du chauffage au delà de cette limite.

Les essais ont porté sur des poudres non AM parvenues à une très faible stabilité par une longue exposition à l'air, sur des poudres AM_2 de fabrication récente, et enfin sur des poudres AM_8 de divers indices. A partir du moment où le chauffage à 75° avait

Digitized by Google

réduit l'épreuve à 110° au-dessous de 1 heure, les poudres étaient soumises de 4 en 4 jours pour la poudre la moins résistante, et généralement de 10 en 10 jours pour les poudres les plus stables à des mesures de taux d'azote. Ce rapprochement des épreuves avait en principe pour but de saisir le moment où la réaction s'emporterait. En fait, aucune variation brusque dans l'allure de la dénitration n'a été observée dans cette deuxième période de chauffage et les irrégularités des différences successives sont manifestement dues à l'imperfection des dosages d'azote, les moyennes successives correspondant à des chauffages de durée croissante présentant une concordance des plus satisfaisantes.

B_{95} 3-96 B (*Alger*) *exposé* 12 *ans à l'air.*

Épreuve à 110° *totalisée initiale* $4^h 52^m$.

	Taux d'azote observé.		Dénitration.
	cm³		
Avant chauffage.....	197,5		
Après 4 jours à 75°.....	195,3	2,3	
» 8 »	195,3	2,3	0cm³,16 par jour
» 12 »	195,6	2,0	pendant 16 jours.
» 16 »	194,9	2,7	
» 20 »	187,2	10,4	
» 24 »	185,0	12,6	
» 28 »	183,0	14,6	
» 32 »	181,9	15,7	0cm³,65 par jour
» 36 »	180,2	17,4	pendant 32 jours.
» 40 »	177,6	20,0	
» 44 »	176,2	21,4	
» 48 »	173,6	24,0	

BC AM 6e 1907 SM.

Avant chauffage.....	201,0*	cm³	
Après 56 jours à 75°.....	196,9	4,1	0cm³,07 par jour pendant 56 jours.
» 66 »	193,4	7,6	
» 76 »	188,3	12,7	0cm³,41 par jour pendant 100 jours.
» 86 »	182,4	18,6	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite.

Digitized by Google

BC AM 6e 1907 SM (*suite*).

	Taux d'azote observé.		Dénitration.
	cm³		
Après 96 jours à 75°.....	181,0	20,0	
» 106 »	178,1	22,9	
» 116 »	178,0	23,0	0cm³,41 par jour
» 126 »	173,4	27,6	pendant 100 jours.
» 136 »	156,9	44,1	
» 146 »	156,6	44,4	
» 156 »	155,8	45,2	

BSP AM 4e 1907 SM.

	Taux d'azote observé.	Dénitration.
	cm³	
Avant chauffage.....	200,0*	0cm³,08 par jour.
Après 80 jours à 75°.....	192,4	pendant 91 jours.
» 91 »	192,6	
» 100 »	186,4	
» 110 »	182,6	
» 120 »	179,8	
» 130 »	178,6	0cm³,38 par jour
» 140 »	167,5	pendant 99 jours.
» 150 »	170,3	
» 160 »	163,4	
» 190 »	154,6	

BM_{13} AM_{8} 6e 1907 PB.

	Taux d'azote observé.	Dénitration.
	cm³	
Avant chauffage.....	198,0*	0cm³,08 par jour
Après 204 jours à 75°.....	182,0	pendant 204 jours.
» 214 »	182,5	
» 224 »	177,9	
» 234 »	177,5	
» 244 »	177,2	
» 254 »	174,4	0cm³,12 par jour
» 264 »	172,7	pendant 120 jours.
» 274 »	171,1	
» 284 »	170,8	
» 294 »	169,9	
» 304 »	169,7	
» 324 »	168,0	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite.

Digitized by Google

BM$_8$ AM$_8$ 6^e 1907 SM.

	Taux d'azote observé.	Dénitration.
	cm^3	
Avant chauffage.....	197,1	0$^{cm^3}$,09 par jour pendant 192 jours.
Après 192 jours à 75°.....	179,8	
» 202 »	175,3	0$^{cm^3}$,16 par jour pendant 70 jours.
» 212 »	173,6	
» 232 »	173,1	
» 242 »	173,1	
» 252 »	170,8	
» 262 »	168,2	

Ces expériences mettent en évidence un accroissement sensible de la vitesse de dénitration après la durée de chauffage à 75° qui a réduit à moins de 1 heure l'épreuve réglementaire partielle à 110°.

Tandis que dans la première période de chauffe, c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'épreuve réglementaire, toutes les poudres présentent des vitesses de dénitration sensiblement uniformes et très voisines (0$^{cm^3}$,07 à 0$^{cm^3}$,09 par jour de chauffage à 75°), dans la deuxième période de chauffage la dénitration s'emporte de façon très différente pour les poudres des divers types.

Pour les poudres AM$_8$, la vitesse de dénitration de 0$^{cm^3}$,08 dans les 200 premiers jours n'augmente que de moitié ou des trois quarts de sa valeur entre 200 et 300 jours de chauffe à 75°.

Pour les poudres AM$_2$, la vitesse dans la deuxième période devient 4 à 6 fois plus grande que dans la première. Les poudres ancien type non AM ne sont représentées que par un seul échantillon à faible résistance expérimenté après une longue conservation de 12 ans, et cette poudre ne peut être considérée comme entièrement comparable aux autres poudres neuves AM$_2$ ou AM$_8$; mais on voit que sa vitesse de dénitration est de moitié plus forte que celle des poudres AM$_2$ et 5 à 6 fois plus forte que celle des poudres AM$_8$.

C'est sans doute à cette différence dans l'allure de la dénitration qu'est due l'inégalité de netteté dans la fin des épreuves réglementaires à 110° ou 75° que présentent les poudres des divers types. On sait en effet que les épreuves des poudres non AM

Digitized by Google

d'épaisseur moyenne se terminent brusquement par une chute rapide de la durée des épreuves partielles qui ne s'observe pas au même degré pour les poudres AM_2 et que pour les poudres AM_8 les épreuves totalisées à 110° se poursuivent parfois presque indéfiniment sans tomber à la valeur minima fixée pour la durée de rougissement du papier.

En résumé, les poudres du type AM_8 présentent le double avantage de conserver pendant une durée plus longue la faible vitesse de dénitration de la période initiale et de ne donner lieu ensuite qu'à un accroissement très faible de cette vitesse pendant des durées de l'ordre de 300 jours à 75°.

III. — Dénitration sèche a 40°.

Nous avons vu que des effets de dénitration de même ordre étaient obtenus par des heures de chauffage à 110° et des jours de chauffage à 75°. Il était donc à prévoir que, si cette loi de corrélation subsistait à des températures plus basses, on ne pouvait obtenir à 40° les effets observés à 75° ou à 110° que dans des durées où les mois se substituaient aux jours ou aux heures. Ces effets n'étant guère appréciables avec quelque précision que pour des chauffages de 50 à 100 heures à 110° ou de 50 à 100 jours à 75°, on ne pouvait utilement faire porter les essais que sur des poudres soumises à des étuvages à 40° *pendant* 5 *à* 10 *ans*.

En raison de cette condition, les échantillons sur lesquels nous avons pu opérer sont peu nombreux. Ce sont les suivants :

1° $CP_1 Ae$, n° 274, en pastilles comprimées à sec, mises à l'étuve à 40° en août 1898 et soumises à la mesure du taux d'azote en mars 1908 après 115 *mois* de chauffage continu en tube ouvert. Ce lot a donné dans le chauffage à 110° une dénitration de $0^{cm^3},03$ par heure.

2° $CP_1 Ae$, lot 295. Mêmes conditions de chauffage de 115 mois (10 années environ) à 40°. Ce lot a donné par chauffage à 110° une dénitration de $0^{cm^3},04$ par heure.

3° $BSPAM_2$ 1er 1901 PB. Mis à l'étuve à 40° en février 1901 et soumis au dosage d'azote en mars 1908, après 7 *années* (85 *mois*).

4° BC 7e 1893 PB Rad. Septembre 1901; à l'étuve à 40°

Digitized by Google

le 9 octobre 1901. Soumis au dosage d'azote le 19 septembre 1908 après 84 *mois* (7 années).

5° Échantillon du même lot radoubé formé des brins portant des traces d'avarie visible et écartés au triage au cours du radoubage de 1901. Étuvage de 84 mois (7 années).

6° BM_7AM_2SL, échantillon A de 1902 (type de lavages à l'eau chaude minima), à l'étuve à 40° du 29 décembre 1902 au mois de mars 1908. Étuvage de 63 mois (5 ans).

7° BM_7AM_2SL, échantillon B de 1902 (type de lavages à l'eau chaude maxima). Même étuvage de 63 mois.

8° $BM_{15}AM_8$, échantillon 14 SL 1903. Type de la fabrication AM_8 soumis aux lavages intensifs. Étuvage de juillet 1903 à mars 1908 (56 mois).

Les taux d'azote observés sont rapprochés des taux d'azote normaux des poudres de chaque type : la détermination du taux initial n'ayant été faite que sur les échantillons des lots de cotons-poudres de 1898.

NATURE DES POUDRES.	DURÉE de l'étuvage à 40°.	TAUX D'AZOTE initial.	TAUX D'AZOTE final.	DIFFÉRENCE.	DÉNITRATION par mois de chauffe.	
		cm³	cm³	cm³	cm³	
1. CP_1, *Ae*, n° 274, 1898.	115 mois	205,1	202,3	2,8	0,03	
2. CP_1, *Ae*, n° 295, 1898.	115 »	210,2	203,7	6,5	0,06	
3. BSP, AM, 1/1901, PB.	85 »	200-201*	197,4	3,6	0,04	
4. BC, 7/1893, PB, Rad. 1901, brins sains....	84 »	200-201*	196,1	4,9	0,06	
5. BC, 7/1893, PB, Rad. 1901, brins tachés..	84 »	200-201	195,1	5,9	0,07	cm³ 0,09
6. BM_7, AM_2, SL, Éch. A 1902	63 »	200*	193,0	7,0	0,11	
7. BM_7, AM_2, SL, Éch. B 1902	63 »	200*	194,7	5,3	0,08	
8. BM_{15}, AM_8, Éch. 14 SL 1903	56 »	197,0	188,4	8,6	0,15	

(*) Les chiffres munis d'un astérisque sont des valeurs moyennes observées sur les poudres du même type, l'épreuve de dosage initiale n'ayant pas été faite.

Pour les cotons-poudres, les taux de dénitration par mois à 40° diffèrent peu de ceux qui ont été observés *sur les mêmes* échantil-

Digitized by Google

lons en 1908 par heure de chauffage à 110°, soit $0^{cm^3},03$ et $0^{cm^3},04$. La substitution des mois aux heures rend donc compte d'une façon suffisamment exacte de l'énorme ralentissement des vitesses de réactions qui, de 110° à 40°, varient dans le rapport de 700 à 1.

Il ne semble donc pas excessif d'admettre que la loi des vitesses de réaction s'applique jusqu'aux *températures ordinaires* de nos climats et qu'un nouvel abaissement de 20° à 25° dans la température de conservation donne lieu à des dénitrations qui, *par année,* sont de l'ordre de celles qui ont été observées par mois à 40°. Ainsi s'explique la stabilité pratiquement parfaite du coton-poudre de guerre conservé à température modérée *sans qu'il y ait lieu d'admettre une température critique de décomposition du coton-poudre.*

Pour les poudres B, la valeur moyenne 0,09 des dénitrations observées par mois ne s'écarte pas de celle qui a été observée par jour à 75° sur des poudres similaires, soit $0^{cm^3},10$. Il semble cependant que la moyenne 0,09 soit relevée par le taux un peu anormal observé sur l'échantillon de poudre BM_{15} et que la valeur réelle soit un peu plus faible. Il n'en reste pas moins certain que l'ordre de grandeur des dénitrations sèches est le même, par jour de chauffage à 75°, et par mois à 40°.

Quant à la valeur élevée du taux de dénitration des poudres B comparée à celle du coton-poudre, elle paraît attribuable dans une large mesure à l'influence de la compacité des matières, et nous avons montré dans une Note précédente que l'influence de cette compacité pouvait être mise en évidence indépendamment de toute transformation colloïdale par l'agglomération, au moyen de la compression, de cotons-poudres secs dont la texture fibreuse avait été détruite par précipitation d'un dissolvant. Ces cotons-poudres agglomérés sous forme imperméable aux gaz se comportent alors comme des poudres B.

IV. — Conclusions.

Il nous reste à formuler les conclusions générales qui peuvent être tirées de cette étude.

1° L'action de la chaleur seule, lorsqu'on élimine les réactions secondaires dues à l'influence de l'humidité ou des vapeurs

Digitized by Google

nitreuses, produit sur le coton-poudre et les poudres B de tous les types une dénitrification lente dont la vitesse croît régulièrement avec la température suivant une loi exponentielle dans les limites de 40° à 110°.. La dénitration des poudres B est de l'ordre de $0^{cm^3},1$ par heure à 110°, par jour à 75°, et par mois à 40°. Cette faible vitesse de la dénitration ne subsiste toutefois à peu près constante pour les poudres B que dans les limites de durée de chauffe correspondant à l'épreuve totalisée à 110°. Les expériences à 75° montrent que, au delà de cette durée, la vitesse de dénitration prend des valeurs de 4 à 6 fois plus élevées pour les poudres AM_2 et non AM. Cependant, pour les poudres AM_8, cette vitesse de dénitration ne subit que des accroissements peu importants, même après 300 jours de chauffage à 75°.

2° Les épreuves de stabilité réglementaires à 110°, de même que les durées de résistance à 75°, ne caractérisent ni le commencement d'une détérioration de la poudre, ni même des degrés de détérioration identiques, mais les limites de durées de chauffage aux diverses températures pendant lesquelles la réaction de dénitration normale ne s'emporte pas, et conserve une valeur minime sensiblement uniforme, de l'ordre de $0^{cm^3},1$ par heure à 110°, par jour à 75° et par mois à 40°.

Nous étudierons dans de prochaines Notes l'influence qu'exerce sur la vitesse de dénitration l'action simultanée soit de la température et de l'humidité, soit surtout l'action beaucoup plus considérable de la température et des vapeurs nitreuses en proportions variables.

Paris, le 2 octobre 1908.

Digitized by Google

ACTION

DES

VAPEURS NITREUSES SUR LES POUDRES B

PAR

P. VIEILLE,

Inspecteur général des Poudres et Salpêtres.

Les observations les plus élémentaires mettent en évidence une attaque énergique des poudres B et du coton-poudre par les vapeurs nitreuses. Il y a donc lieu d'étudier de près, d'une part, les conditions dans lesquelles ces vapeurs nitreuses peuvent se former au cours de la conservation dans les approvisionnements et, d'autre part, l'action que ces vapeurs nitreuses peuvent exercer dans les conditions les plus défavorables de la pratique.

C'est l'objet de ce travail (1).

Dans la première Partie, on a recherché les conditions de production des vapeurs nitreuses et l'importance de cette production dans les conditions extrêmes de la pratique.

Dans la deuxième Partie, on a étudié l'action sur les poudres B de doses connues de vapeurs nitreuses.

La troisième Partie renferme le résumé et les conclusions.

(1) Ces recherches ont été effectuées avec le concours de M. le chef d'épreuves Chenel, dont l'habileté et le dévouement nous ont permis de mener à bien ces expériences délicates.

Digitized by Google

CONDITIONS DANS LESQUELLES PEUT S'EXERCER L'ACTION DE VAPEURS NITREUSES.

L'action des vapeurs nitreuses sur le coton-poudre et les poudres B saines, au cours de leur conservation dans les approvisionnements, peut résulter de diverses causes :

1° Ces vapeurs nitreuses peuvent provenir du chauffage des poudres saines elles-mêmes : si l'on considère une masse de coton-poudre ou de poudre B à l'état sain, on sait (1) que, sous l'action d'une température soutenue pendant quelques mois à 40°, quelques jours à 75° ou quelques heures à 110°, cette masse se dénitre, pour le coton-poudre pulvérulent, à raison de $0^{cm^3},05$ environ de bioxyde d'axote par gramme et par mois, jour ou heure, suivant la température. Pour les poudres B compactes où la réaction s'effectue sous pression, la dénitration s'élève à $0^{cm^3},1$ environ par heure, jour ou mois suivant la température. L'azote ainsi éliminé paraît se dégager dans le coton-poudre pulvérulent sous forme de vapeurs nitreuses, d'après les expériences de Robertson et Napper; mais ces vapeurs sont réduites au contact de la masse, et l'on ne recueille que du bioxyde d'azote et les formes inertes de protoxyde d'azote et d'azote libre. Si le bioxyde d'azote rencontre une atmosphère oxygénée, il donne lieu à des vapeurs nitreuses externes, susceptibles de réagir à leur tour sur la charge, soit pendant la période même de chauffage, soit ultérieurement, si l'atmosphère étant inerte la transformation du bioxyde d'azote ne se produit que dans une période de refroidissement permettant la rentrée dans le récipient contenant la charge d'une atmosphère oxygénée.

2° La deuxième cause résulte de la présence de brins avariés au milieu de poudres saines.

On a observé sur les poudres B, après de longues durées de conservation, des avaries localisées sur quelques bandes dans des charges généralement saines. Ces points avariés sont le siège d'une

(1) *Étude de la dénitration du coton-poudre et des poudres* B; *Sur la dénitration sèche des poudres* B *sous l'influence de températures élevées.*

Digitized by Google

dénitration lente se poursuivant même à la température ordinaire. Les produits gazeux de cette décomposition renferment du bioxyde d'azote susceptible, comme dans le cas précédent, de fournir des vapeurs nitreuses, au contact d'une atmosphère oxygénée.

Cette deuxième cause de production de vapeurs nitreuses n'a été observée, jusqu'à ce jour, que sur des poudres de fabrication ancienne, antérieures à 1896-1897, sans alcool amylique.

Nous nous sommes proposé d'évaluer :

1° L'ordre de grandeur de la production de vapeurs nitreuses dans ces deux modes de formation ;

2° La nature des transformations subies par des poudres saines sous l'action de doses variables de vapeurs nitreuses.

I. — Production des vapeurs nitreuses par le chauffage des poudres B.

Chauffage en atmosphère inerte.

Les expériences dont nous disposons aujourd'hui ont été faites à 75°.

Les essais à 40° sont en cours.

On chauffe dans un matras de verre scellé et en atmosphère de gaz inerte (acide carbonique) une charge connue de poudre $BM_7\ AM_8$ d'humidité normale $\left(\frac{f}{F} = 0{,}78\right)$ et l'on analyse l'atmosphère finale après chauffage de durée variable.

Les expériences ont été faites dans des matras de 170^{cm^3} renfermant, à la densité de chargement 0,3, 50^g environ de poudre.

Premier essai. — 10 jours de chauffage à 75°.

Le volume des gaz extraits après élimination des vapeurs alcooliques par l'acide sulfurique est un peu supérieur au volume initial.

Composition des gaz.

CO^2	82,5
AzO	3,5
CO	1,9
Az^2O	0,9
Az	11,2

Digitized by Google

Le résidu non absorbable à la potasse est de 17,54 pour 100. Le volume du récipient par gramme de poudre est de $2^{cm^3},67$. On déduit de ces données que la poudre a dégagé, par gramme et par jour de chauffage à 75°, $0^{cm^3},045$ d'azote total sous ses diverses formes ou le double $0^{cm^3},090$ compté en bioxyde d'azote. L'azote dégagé sous la forme bioxyde d'azote susceptible de donner des vapeurs nitreuses au contact d'une atmosphère oxygénée est de $\frac{1}{8}$ de l'azote total.

Deuxième essai. — 20 jours de chauffage à 75°.

Le volume des gaz extraits après élimination des vapeurs alcooliques est supérieur de 7 pour 100 au volume initial (180^{cm^3} au lieu de 135). Le résidu non absorbable à la potasse est de 26,9 pour 100.

Composition du résidu non absorbable à la potasse.

AzO	13
CO	7
Az^2O	8
Az	72

Le volume du récipient par gramme de poudre est de $2^{cm^3},67$. On déduit de ces nombres que la poudre a dégagé, par gramme et par jour de chauffage à 75°, $0^{cm^3},047$ d'azote total sous ses diverses formes ou le double $0^{cm^3},094$ compté en bioxyde d'azote.

L'azote dégagé sous forme de bioxyde d'azote susceptible de donner des vapeurs nitreuses en atmosphère oxygénée est le $\frac{1}{13}$ de l'azote total.

En résumé, la dénitration des poudres B à 75° en atmosphère inerte s'effectue avec dégagement de $0^{cm^3},09$ environ par gramme et par jour d'azote total compté en bioxyde d'azote. Le bioxyde d'azote ne figure dans ce total que pour $\frac{1}{10}$ environ.

Examinons d'après ces données les durées de chauffage nécessaires pour produire les quantités de bioxyde d'azote correspondant à l'absorption totale de l'oxygène renfermé dans une douille ou un récipient normal.

La densité de chargement de ces douilles est au minimum de 0,6 (caisses du *Patrie* 0,732). Elle fournit à chaque gramme de poudre 1^{cm^3} d'air, soit $0^{cm^3},20$ d'oxygène et $0^{cm^3},40$ de vapeurs

Digitized by Google

nitreuses pour un dégagement égal à $0^{cm^3},4$ de bioxyde d'azote par la poudre. On voit donc qu'il faudrait 44 jours de chauffage à 75° pour obtenir cette production de vapeurs nitreuses avec les poudres AM_8.

D'autre part, nous avons obtenu, *dans le chauffage à l'air libre à* 75° (Note du 2 octobre 1908), une dénitration totale comptée en bioxyde d'azote de $0^{cm^3},1$ pour les poudres les plus diverses AM_2 et AM_8. Cette valeur diffère à peine de celle de $0^{cm^3},09$ qui a été obtenue en atmosphère inerte : il y a donc présomption que la correspondance des jours à 75° et des mois à 40° qui a été établie pour la *dénitration sèche à l'air libre* subsiste pour la dénitration en atmosphère inerte.

Dénitration en atmosphère oxydante. Air confiné.

Cette loi de correspondance des jours à 75° et des mois à 40° se trouve d'ailleurs vérifiée dans l'étude des modifications que subit une atmosphère, non plus inerte, mais formée d'air ordinaire, au contact des poudres B. Dans ces expériences l'absorption d'oxygène est très rapide; elle est produite d'une part par le dégagement de bioxyde d'azote de la poudre sous l'influence du chauffage et, d'autre part, par l'oxydation directe des vapeurs carbonées dues au dissolvant. Les phénomènes sont donc plus complexes en atmosphère oxydante qu'en atmosphère inerte, mais ils présentent une similitude telle qu'il y a lieu de considérer comme très probable l'identité de la loi de variation avec la température. Le Tableau suivant donne la composition des atmosphères *d'air* confinées au contact de la poudre B dans des matras scellés après des durées variables de chauffage à 75° et à 40°. Les matras étaient chargés à la densité de chargement 0,3, soit $2^{cm^3},67$ d'air par gramme de poudre. Le volume des gaz extraits a été trouvé sensiblement égal au volume primitif jusqu'à la durée de 7 jours de chauffage par une compensation entre le volume d'oxygène absorbé et celui des gaz produits.

Dans ces limites de durée on n'observe pas de bioxyde d'azote libre.

Digitized by Google

DURÉE.	CHAUFFAGE A 75°.				DURÉE.	CHAUFFAGE A 40°.			
	CO^2.	$CO^2 + CO$.	O consommé.	$Az O^2$		CO^2.	$CO^2 + CO$.	O consommé.	
1 jour.....	2,9		1,7	0					
2 jours.....	5,35	7,55	8,95	0	2 mois.	4,4	6,7	13,6	
3 jours.....	8,6	10,7	12,8	0					
4 jours BC, AM_2...	9,05	10,90	17,45	0					
4 jours BM_2, AM_8.	7,7	8,50	15,05	0	4 mois.	6,1	10,8	18,95	
4 jours BM., AM_8.	7,9	10,70	15,55	0					
7 jours.....	11,4	16,65	20,8	<0,3					
2e période de 7 jours après renouvellement de l'atmosphère (1).....	12,7	16,35	20,8	0,6					

(1) Les poudres, après ce double chauffage et la double absorption de l'oxygène du matras, conservent des résistances supérieures à 100 heures.

On voit, en premier lieu, qu'en moins de 7 jours la totalité des 20,8 pour 100 de l'oxygène primitivement contenu dans l'atmosphère est consommée sans que le taux d'acide carbonique produit rende compte de plus de la moitié de cette absorption.

En second lieu, les absorptions observées après 2 et 4 mois à 40° sont très exactement de l'ordre de celles qui sont obtenues après 2 et 4 jours à 75° (1).

L'ensemble de ces observations conduit aux conclusions suivantes :

1° L'émission réelle de bioxyde d'azote d'une poudre B chauffée est environ le $\frac{1}{10}$ de sa dénitration comptée en bioxyde d'azote, c'est-à-dire que cette émission est égale à $\frac{0,9}{100}$ de centimètre cube environ par gramme et par jour à 75° ou par mois à 40°.

(1) L'étude de la composition gazeuse des récipients constitue donc une méthode très précise de mesure de la fatigue des poudres.

Des vérifications effectuées, conformément à la dépêche du Ministre de la Marine du 27 juillet 1908, sur des récipients soudés de $\frac{1}{2}$ de gargousses de 305^{mm} conservés 19 *mois à bord de la « Patrie »*, viennent de mettre en évidence une variation négligeable des taux d'oxygène et d'acide carbonique (1 pour 100 environ).

Digitized by Google

2° Un chauffage d'une année à 40° ne peut donc produire en atmosphère oxydante que des quantités de vapeurs nitreuses de l'ordre de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube par gramme, soit $\frac{2}{10\,000}$ du poids de la poudre, et nous verrons plus loin que les poudres B AM peuvent absorber sans altération d'aucune de leurs propriétés et notamment de leur résistance à la chaleur des doses 20 fois plus considérables, et que c'est à peine si des doses de 1 pour 100, c'est-à-dire 150 fois plus grandes, commencent à les attaquer.

Production des vapeurs nitreuses par les poudres avariées.

Les seuls échantillons de poudre avariée actuellement connus dans les services de la Guerre et de la Marine sont formés de poudres ancien type non AM, c'est-à-dire de fabrication antérieure à l'année 1896-1897.

Les brins de poudres avariés de la Marine qui ont été adressés au Laboratoire central présentent des degrés d'altération très variables.

En général, l'avarie est limitée à une tache blanchâtre sur laquelle la matière a perdu le caractère colloïdal. Cette matière est devenue friable ou cassante : elle exhale une franche odeur acide et rougit le papier de tournesol humide.

Pour quelques brins, ces caractères s'étendent à une grande partie de la bande et même à la totalité dans quelques brins exceptionnels.

Les matières avariées sont, dès la température ordinaire, le siège d'un dégagement gazeux provenant de l'oxydation de la masse par les acides qui l'imprègnent.

Les expériences suivantes effectuées sur les poudres BM_9 du *Brennus* 3e et 6e 96 PB et sur les poudres du *Charlemagne* BM_7 7e 97 SM les plus avariées que nous ayons pu observer permettent de fixer le caractère et la nature de ce dégagement.

1° *Poudres* BM_7 *du « Charlemagne »*. — On remplit complètement de poudre fortement avariée un flacon de 1^l à large goulot fermé par un bouchon de verre rodé luté à la cire Golaz. Le bouchon de verre porte soudé un tube formant manomètre à mercure. La charge est de 420^g environ et les brins présentent des

Digitized by Google

avaries couvrant au minimum un tiers de leur surface. Le flacon est maintenu dans une cuve d'eau à la température du laboratoire, soit 15° environ. Le manomètre n'accuse après 4 mois aucun accroissement de pression sensible, les variations de quelques millimètres de mercure ne dépassant pas celles qui peuvent résulter des écarts de température et de pression barométrique; il en résulte que s'il y a dégagement gazeux ce dégagement très faible est compensé par l'absorption de l'oxygène contenu dans l'atmosphère initiale du flacon.

2° *Poudre* BM_9 *du « Brennus » fortement avariée.* — Un flacon de 1^l semblable au précédent a été rempli de 500^g de poudre fortement avariée; l'étendue des avaries est plus forte que pour les poudres du *Charlemagne;* elle atteint au moins la moitié de la surface des bandes.

Pendant 20 jours le manomètre n'a accusé aucune variation, puis la pression a commencé à croître régulièrement de 15^{mm} à 20^{mm} et 25^{mm} par jour. Lorsque cette pression atteignait une valeur de 150^{mm} à 200^{mm} exactement mesurée, on rétablissait la pression atmosphérique en cassant la pointe fine scellée à la lampe du tube de dégagement fixé au bouchon de verre du flacon, puis on scellait de nouveau la pointe. Le volume du flacon étant connu, ainsi que les dépressions successives opérées, on peut calculer la quantité de gaz dégagée.

On a obtenu en 22 jours 373$^{cm^3}$ pour 510^g de poudre, soit en moyenne 0$^{cm^3}$,033 par gramme et par jour.

On a recueilli d'autre part les gaz provenant du dernier prélèvement. L'analyse a donné en nombres bruts et corrigés de l'azote initial :

CO^2	20,8	41,6
AzO	5,3	10,6
CO	3,3	6,6
Az^2O	11,05	22,10
Az	59,0	18,00
H	$< 0,25$	0,50

On voit que la dénitration de la poudre s'opère sous les trois formes gazeuses Az, Az^2O et AzO et que cette dénitration totale.

Digitized by Google

évaluée en azote représente 45,4 pour 100 des gaz dégagés ou 90,8 en bioxyde d'azote. Mais l'azote dégagé sous forme de bioxyde d'azote n'est que le $\frac{1}{9}$ de l'azote total.

En résumé, à la température ordinaire, soit 12° à 15°, la poudre fortement avariée du *Brennus* dégage *par gramme et par jour* $0^{cm^3},003$ à $0^{cm^3},004$ environ de bioxyde d'azote, soit environ la moitié de ce que dégage normalement une poudre saine chauffée pendant le même temps à 75°.

3° *Poudre* BM_9 *du « Brennus » complètement avariée.* — On a pu réunir des brins ou parties de brins entièrement avariées et présentant les caractères de fragilité et d'acidité rappelés plus haut, en quantité suffisante, 100^g, pour remplir complètement un matras muni d'un tube manométrique à mercure. Le col du matras a été scellé à la lampe.

Ce matras a présenté comme le récipient précédent une période pendant laquelle la pression est restée stationnaire, 16 jours environ; c'est évidemment la période d'absorption de l'oxygène du flacon primitivement rempli d'air, puis la pression s'est accrue régulièrement de 20^{mm}, 30^{mm}, 40^{mm} et enfin de 50^{mm} par jour. Ce dernier accroissement correspond à un dégagement de $0^{cm^3},07$ par gramme et par jour. C'est le plus fort que nous ayons observé jusqu'à ce jour sur des matières avariées naturellement; il est à peu près double de celui qu'a fourni la poudre fortement avariée, mais partiellement transformée. Si l'on admet pour la composition de ces gaz (1) celle qui a été observée dans la décomposition de la même poudre fortement avariée, on voit que la quantité de bioxyde d'azote dégagée par gramme de matière présentant l'avarie *totale* et parfaite est à la température ordinaire égale à la quantité de bioxyde d'azote dégagée par gramme de poudre saine chauffée à 75°. Si l'on tient compte de la loi de variation des réactions avec la température, ce dégagement est 700 à 800 fois plus grand que celui de la poudre saine.

Nous verrons plus loin les conséquences de cette donnée d'expérience.

(1) Les vérifications directes faites postérieurement à la rédaction de cette Note ont complètement justifié cette assimilation.

Digitized by Google

II. — Action des vapeurs nitreuses sur les poudres saines.

Absorption des vapeurs nitreuses par les poudres. — Des expériences qualitatives suffisent pour reconnaître que les poudres B saines placées dans une atmosphère chargée de vapeurs nitreuses absorbent des quantités considérables de ces vapeurs à la température ordinaire.

Cette absorption est très rapide. En plongeant une bande pesée de poudre BM_7AM_8 13e 1907 SM (humidité 1,70) dans un flacon rempli de vapeurs nitreuses à 100 pour 100 produites par l'action de l'acide nitrique à 40° sur l'acide arsénieux, on a observé les absorptions suivantes (12 mars 1908) :

Durée d'exposition.	Absorption pour 100.
5 minutes	0,90
10 »	1,30
15 »	1,60
20 »	1,80
30 »	2,20
40 »	2,50
60 »	3,00
17 heures 30 minutes	13,00

La bande ainsi chargée est de teinte gris vert foncé; exposée à l'air libre pendant 15 jours, elle se recouvre d'abord de buées acides, puis sèche et reprend sensiblement son poids primitif. Le taux d'azote initial de 198cm³ passe à 185cm³,8, accusant une dénitration de 12cm³ environ du coton-poudre précipité.

Dénitration par des doses massives de vapeurs nitreuses à 40°. — La dénitration en présence des doses massives de vapeurs nitreuses prend une allure beaucoup plus rapide aux températures élevées, et cette action s'observe sur toutes les poudres.

1° Dans un essai du 27 décembre 1907, une bande de poudre BM_7 *non* AM du *Pothuau* est placée dans un flacon de 1l rempli de vapeurs nitreuses à 90 pour 100 et l'on continue le courant de vapeurs rutilantes pendant 10 minutes, puis on scelle le flacon et on le maintient 7 jours à froid.

Digitized by Google

Puis on chauffe 3 jours à 30°, puis 3 jours à 40°. On observe la coloration verdâtre de la poudre et un pointillé plus clair.

Un échantillon prélevé donne $148^{cm^3},4$ de bioxyde d'azote par gramme.

Après 7 jours de nouveau chauffage à 40°, l'échantillon titre $109^{cm^3},8$.

Après 4 jours de nouveau chauffage à 40°, l'échantillon titre $44^{cm^3},4$.

2° Les expériences suivantes ont été faites en mettant en présence des divers types de poudres des doses de vapeurs nitreuses plus modérées.

Un flacon scellé de 700^{cm^3} recevait 40^g de poudre environ. Un courant de gaz nitreux remplissait le flacon et chargeait la poudre de 1,5 à 2 pour 100 de son poids de vapeurs.

Le flacon était soumis à l'étuvage à 40° pendant 7, 13 et 21 jours. On mesurait sur les poudres extraites des flacons le taux d'azote au nitromètre.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

DURÉE DE CHAUFFE.	PREMIÈRE SÉRIE.		DEUXIÈME SÉRIE.	
	Poudre BM_7 non AM du *Pothuau*.	Poudre BGC_1.	Poudre $BM_7 AM_8$.	Poudre BM_7, 1,5 diphénylamine. Éch. 33, 1907, SL.
	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3
0	193	200	198	200
7 jours	176,1	191	175	177,9
13 »	170	185,8	157	153
21 »	146	182	149,7	150

Ces nombres ne sont donnés qu'à titre d'indication en raison du peu de précision de l'évaluation du taux de vapeurs nitreuses. Dans la première série, le taux 1,5 à 2 pour 100 du poids de la poudre de vapeurs nitreuses était maintenu constant jusqu'à la fin du chauffage et trois flacons distincts ont servi pour les trois durées de chauffage. Dans la deuxième série, au contraire, un seul flacon servait aux trois prélèvements et était rechargé en vapeurs nitreuses après chaque ouverture.

Digitized by Google

Il en résulte que le taux de vapeurs nitreuses total s'est élevé de 4 à 6 pour 100 du poids de la poudre dans la deuxième série, ce qui explique l'importance de la dénitration des deux échantillons AM_8 et *Diph.*

Étude des vitesses de réaction à froid et à 40°. — Ces premières données qualitatives ne renseignent pas sur la vitesse des réactions de dénitration ; cette étude a été entreprise au moyen d'expériences spéciales dans lesquelles on observait le dégagement gazeux d'une poudre placée au sein d'un excès de vapeurs nitreuses dans un flacon scellé muni d'un tube de dégagement ou d'un manomètre.

A la température ordinaire la réaction est assez lente pour pouvoir être suivie par les variations de pression du manomètre périodiquement ramené au zéro par le dégagement du gaz.

A la température de 40° la vitesse de réaction est beaucoup plus rapide et l'on a recueilli les gaz en nature sur l'huile de vaseline dans des cloches graduées.

Vitesse de réaction à froid. — La mesure résulte de deux essais :

1° Un échantillon de 20^g environ de poudre BM_9AM_8 7^e 1907 SM a été chargé à froid le 25 février 1908 de 4, 7 pour 100 de vapeurs nitreuses par exposition dans un flacon de 1^l rempli de vapeurs rouges à 100 pour 100. La poudre est transportée dans un flacon plein d'air et scellé. On observe au manomètre l'augmentation de pression pendant 7 mois consécutifs à la température ordinaire de 15° environ. Le dégagement de 0^{cm^3}, 3 par gramme et par jour dans les deux premiers mois s'abaisse à 0^{cm^3}, 2 dans les 6^e et 7^e mois.

2° Un échantillon de poudre de 13^g de BM_7 11^e 96 SM du *Pothuau* déjà dénitré par actions des vapeurs nitreuses à la température de 40° et ramené au taux d'azote de 147^{cm^3} de bioxyde d'azote par gramme de coton-poudre précipité est transporté le 13 février 1908 chargé de vapeurs nitreuses dans un flacon purgé d'air par un courant d'acide carbonique. La dénitration se poursuit et l'on observe dans une période de 4 mois des accroissements de pression correspondant au dégagement de 0^{cm^3}, 2 par gramme et par jour à la température de 15°.

Digitized by Google

Vitesse de réaction à 40°. — Les mesures résultent également de deux essais :

1° Un échantillon de poudre BM_7 11e 96 SM du *Pothuau* du poids de 16g, chargé à froid de 3,45 pour 100 de vapeurs nitreuses le 31 janvier 1908, est placé dans un flacon de 1l rempli de vapeurs nitreuses scellé et muni d'un tube de dégagement et chauffé dans un bain à 40°.

En 161 heures on observe un dégagement moyen de 2cm³,88 par gramme et par jour.

En déplaçant l'atmosphère du flacon par l'acide carbonique et recueillant sur la potasse, on obtient un volume de bioxyde d'azote complémentaire qui conduit à doubler le nombre obtenu par dégagement direct.

2° Un échantillon de 25g de poudre BM_9AM_8 7e 1907 SM, chargé à froid également de 3,45 pour 100 de vapeurs nitreuses par exposition de 93 heures dans un flacon rempli de vapeurs rutilantes, est placé dans un flacon de 1l le 15 février 1908 chargé de vapeurs nitreuses et soumis à la température de 40° pendant 167 heures. On recueille sur l'huile de vaseline les gaz dégagés au moyen de cloches graduées. Le dégagement est de 2cm³,88 par gramme et par jour. Le déplacement des gaz du flacon par l'acide carbonique permet d'obtenir un volume de bioxyde d'azote supplémentaire qui conduit à doubler sensiblement le volume obtenu par dégagement direct.

La poudre extraite du flacon après ce traitement titre 165cm³ de bioxyde d'azote par gramme. La dénitration est de 33cm³ environ par gramme.

En résumé, l'action de doses massives de vapeurs nitreuses exerce sur les poudres B une action de dénitration intense qui, à la température ordinaire, est de l'ordre de celle que subit une poudre à 75° à l'air libre ou en atmosphère inerte pendant le même temps.

A 40° la vitesse de cette réaction s'accroît dans le rapport de 1 à 25 ou 30 qui correspond à la loi habituelle de variation des vitesses de réaction pour un écart de 30°.

Mais dans les conditions de nos expériences aucun indice ne permet de soupçonner, même dans ces cas extrêmes, une exaspération des réactions pouvant entraîner des élévations de températures

Digitized by Google

locales dangereuses, et l'altération des brins reste parfaitement uniforme.

Limites de l'action des vapeurs nitreuses sur les divers types de poudres B. — Les quantités de vapeurs nitreuses qui peuvent se trouver en présence des poudres dans les conditions extrêmes de conservation sont bien différentes des doses massives dont nous venons d'examiner l'action.

Dans un récipient étanche, cette quantité est limitée par l'oxygène de l'atmosphère que ce récipient renferme; si l'étanchéité n'est pas complète, c'est par la ventilation lente résultant des variations thermiques ou barométriques que l'atmosphère peut à la longue être renouvelée un certain nombre de fois.

La densité de chargement des poudres dans les douilles ou récipients étant généralement supérieure à 0,6, une première teneur importante de vapeurs nitreuses correspond à la transformation totale de l'oxygène du récipient, soit $0^{cm^3},4$ par gramme ou, en poids, 0, 8 pour 1000, moins de $\frac{1}{1000}$ du poids de la poudre.

Absorption de doses faibles et connues de vapeurs nitreuses. — L'absorption de quantités faibles et exactement dosées de vapeurs nitreuses peut être réalisée en plaçant les poudres dans des récipients à une densité de chargement connue de façon que le volume d'air par gramme de poudre soit exactement déterminé. En produisant par aspiration à la trompe une dépression mesurée au manomètre de $\frac{1}{6}$ de la pression atmosphérique initiale et rétablissant la pression au moyen de bioxyde d'azote pur, on transforme la totalité de l'oxygène en vapeurs nitreuses, dont la proportion par gramme de poudre peut être exactement évaluée.

On a effectué par cette méthode sur les poudres B des divers types des expériences aux densités de changement 0,6, 0,2 et 0,04.

Le récipient était scellé par un coup de chalumeau immédiatement après la rentrée du bioxyde d'azote et la formation d'une atmosphère rutilante de coloration intense.

Puis le flacon était placé pendant 15 jours à 40° pour laisser l'attaque se développer à grande vitesse, ainsi que nous l'avons vu plus haut. En quelques heures, en général, l'atmosphère était dépouillée de toute coloration.

Digitized by Google

Après l'étuvage, les gaz étaient extraits à la trompe pour analyse et la poudre retirée du récipient était soumise, d'une part, à l'épreuve réglementaire à 110° et, d'autre part, à la mesure du taux d'azote sur le coton-poudre précipité.

1° *Expériences à la densité de chargement* 0,6.

4 mars 1908 : Les flacons de 90$^{cm^3}$ reçoivent 5o^g de poudre environ. Le volume d'air par gramme de poudre après la dépression de $\frac{1}{6}$ est o$^{cm^3}$,84. Le volume des vapeurs nitreuses formées est de o$^{cm^3}$,34, soit o^{mg},68 par gramme de poudre.

Les essais ont porté sur les poudres suivantes :

BM_7 11^e 1896 SM. Poudre saine non AM du *Pothuau;*

BGC_1, échantillon n° 17 1907 SL. Poudre à 2 pour 100 d'alcool amylique;

BM_7 AM_8 12^e 1906 SM. Poudre à 8 pour 100 d'alcool amylique.

Les poudres n'ont pas changé d'aspect par le traitement.

Les épreuves ont donné les résultats suivants :

DÉSIGNATION DES POUDRES.	ÉPREUVES A 110°.		TAUX D'AZOTE	
	Premier rouge.	Totalisées.	initial.	final.
BM_7, 11°, 1896, SM.....	5,00	43.55 (h m)	192,8	191,9
BGC_1.....	8,40	91.10	200,0	199,3
BM_7 AM_8.....	4,45	> 100.00	197,5	195,5

Les épreuves de premier rouge semblent un peu affaiblies.

Les épreuves totalisées et les taux d'azote ne présentent pas de différences appréciables avec les épreuves initiales.

2° *Expériences à la densité de chargement* 0,2.

Mêmes poudres que dans l'essai précédent. Flacons de 90$^{cm^3}$. Charge 18^g. Le volume d'air par gramme, eu égard à la dépression de $\frac{1}{6}$, est de 3$^{cm^3}$,63 correspondant à une teneur de vapeurs nitreuses de 1$^{cm^3}$,43, soit 2^{mg},86 par gramme.

Digitized by Google

La décoloration de l'atmosphère a été obtenue en quelques heures. Après 15 jours de chauffage à 40°, les poudres extraites des flacons n'ont pas changé d'aspect. Elles ont donné les épreuves suivantes :

DESIGNATION DES POUDRES.	ÉPREUVES A 110°.		TAUX D'AZOTE.
	Premier rouge.	Totalisées.	
	h m	h m	
BM$_1$, 11/1896, SM.....	1.45	31.30	190,6
BGC$_1$.....	7. 5	99.35	199,7
BM$_1$AM$_8$	8.35	>100.00	194,8

L'absorption de $\frac{3}{1000}$ en poids de vapeurs nitreuses fait fléchir le premier rouge de la *poudre non* AM à une valeur très faible et réduit l'épreuve totalisée sans que la dénitration soit nettement accusée (2^{cm^3} à 3^{cm^3} au plus).

Pour les poudres AM_2 et AM_8, aucune modification appréciable des résistances ou du taux d'azote n'est mise en évidence.

3° *Expériences à la densité de chargement* 0,04.

Matras de 575^{cm^3}. Charge de 23^g de poudre. Dans ces expériences les matras étaient d'abord purgés d'air par l'acide carbonique, puis purgés d'acide carbonique par un courant de bioxyde d'azote. Les flacons pleins de bioxyde d'azote sous la pression atmosphérique étaient au moyen de la trompe soumis à une dépression des $\frac{2}{3}$ de la pression initiale. Cette marche inverse permettait d'éviter l'introduction de vapeurs nitreuses dans le manomètre à mercure, la pression finale atmosphérique résultant, sans mesure, de la mise en communication avec l'air extérieur pendant quelques secondes.

Première série : *Absorption de $\frac{13}{1000}$ de vapeurs nitreuses.* — Dans une première série d'essais du 20 mai 1908, le bioxyde d'azote dont il fut fait usage a été reconnu (par des analyses des 8, 9 et 21 juillet 1908) mélangé d'azote et de protoxyde d'azote. La teneur en bioxyde d'azote était de 80 pour 100 environ. Il en résulte que la quantité de vapeurs nitreuses formées au début de

Digitized by Google

l'expérience n'est que les $\frac{4}{5}$ de la proportion théorique, soit $6^{cm^3},48$ de vapeurs rouges par gramme de poudre ou $12^{mg},96$, c'est-à-dire environ $\frac{13}{1000}$.

Les essais ont porté sur les mêmes poudres que dans les expériences précédentes. Leur humidité de 1,10 environ correspondait à la fraction de saturation $\frac{f}{F} = 0,78$. On constate la décoloration complète :

Pour la poudre AM_8, après 5 jours de chauffage à 40°;

Pour la poudre BGC_1, après 6 jours de chauffage à 40°;

Pour la poudre non AM, après 12 jours de chauffage à 40°.

Les échantillons sont extraits des matras après 15 jours de chauffe à 40°; ils n'ont pas changé d'aspect après aération, ils ne rougissent pas le tournesol à froid et ont donné les épreuves suivantes :

DÉSIGNATION des poudres.	ÉPREUVES A 110°.		TAUX D'AZOTE			CHANGEMENTS de poids observés a la suite du traitement.
	Premier rouge.	Totalisées.	Initial.	final.	Différence.	
	h m	h h			cm^3	
BM_1, 11e, 1896, SM.	0.13	0.16–0.15	193,3	184,0	9,3	Perte 0,5 p. 100.
BGC_1	1.05	>41	201,2	194,6	6,6	Gain négligeable.
$BM_7 AM_8$	1.05	>54	198,4	191,8	6,6	Gain négligeable.

L'absorption de doses de vapeurs nitreuses de $\frac{13}{1000}$ agit donc profondément sur l'épreuve de premier rouge qui tombe à une valeur très faible pour toutes les poudres. Mais, tandis que les deux poudres $BGC_1 AM_2$ et $BM_7 AM_8$ se relèvent dans les chauffages successifs à 110° et donnent des épreuves totalisées supérieures à 40 heures ou 50 heures, la poudre du *Pothuau* non AM donne dans trois épreuves successives des durées de 13 à 16 minutes caractéristiques d'une altération définitive. La dénitration de cette dernière poudre est d'ailleurs supérieure de moitié à celle des poudres AM_2 et AM_8.

Deuxième série : *Absorption de $\frac{13}{1000}$ de vapeurs nitreuses.* — Une deuxième série d'essais à la même densité 0,04 et dans des matras analogues de 550^{cm^3} a porté sur des poudres minces BC ou

Digitized by Google

BM_2 de $0^{mm},55$ d'épaisseur environ. Le bioxyde d'azote analysé avant le remplissage des matras renfermait 94 pour 100 de gaz AzO, le reste étant formé d'azote et protoxyde d'azote.

La quantité de vapeurs par gramme de poudre était de $7^{cm^3},6$, soit $15^{mg},2$.

Les poudres soumises à l'absorption nitreuse (28 juillet 1908) étaient les suivantes :

B_{95} 3e 1896 B. Poudre non AM conservée 12 ans dont 10 à l'air libre et de résistance très faible (4^h55^m à 110°).

B_{95} AM 3e 1897 B. Poudre AM_2 conservée 11 ans dont 10 ans à l'air libre et de résistance moyenne (24 heures à 110°).

BM_2 AM_8 3e 1907 SM. Résistance à 110° supérieure à 100 heures.

BCD 1 1907 R. Poudre à 1,5 pour 100 de diphénylamine; résistance à 110° supérieure à 100 heures.

L'étuvage à 40° de 15 jours donne lieu aux observations suivantes :

1° Les poudres non AM et AM_2 d'ancienne fabrication n'ont pas décoloré entièrement l'atmosphère à la fin de l'expérience.

2° La poudre BCD à la diphénylamine a presque entièrement décoloré le matras. La poudre a gardé sa coloration initiale légèrement plus foncée.

3° La poudre AM_8 a complètement décoloré le matras après 7 ou 8 jours de chauffe.

L'examen des poudres retirées des récipients le 19 août 1908 a donné les résultats suivants :

1° La poudre non AM a pris une teinte verte; après aération et transvasement dans un flacon, elle donne lieu par dégagement de bioxyde d'azote à la formation de vapeurs nitreuses de coloration très sensible, qui rougissent puis décolorent le papier de tournesol. Le rougissement du papier de tournesol se produit à froid en 5 minutes.

Des épreuves successives de chauffage à 110° réglementaires faites en vue de reconnaître s'il était possible par la réitération des chauffages d'accroître la résistance apparente de la poudre ont donné :

h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
0.4	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
0.8	0.9	0.8	0.18	0.9	0.10	

Digitized by Google

13 chauffages suivis d'aération ne produisent qu'une amélioration négligeable, la durée de 10 minutes ne permettant pas au tube d'atteindre la température de l'étuve.

Le taux d'azote mesuré sur la poudre sortant du matras est de $156^{cm^3},4$. La dénitration est voisine de 45^{cm^3} par gramme.

2° La poudre AM_2 de résistance primitive voisine de 24 heures est légèrement décolorée, mais n'a pas changé d'aspect. Le taux d'azote est tombé à $164^{cm^3},0$. Dénitration de 36^{cm^3} de bioxyde d'azote par gramme. La poudre aérée et transvasée dans un flacon rougit le papier de tournesol à froid en 15 minutes.

Les chauffages successifs à 110° donnent :

h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
0.5	0. 6	0.5	0. 6	0.6	0. 6	0.6
0.9	0.10	0.9	0.10	0.9	0.10	

13 chauffages suivis d'aération ne produisent qu'une amélioration de résistance négligeable insuffisante pour permettre au tube d'atteindre la température de l'étuve.

3° La poudre BCD à la diphénylamine ne présente qu'une coloration un peu plus orangée que sa coloration primitive. *La diphénylamine n'a pas fonctionné comme indicateur.*

La poudre aérée et transvasée dans un flacon rougit en 2 heures 45 minutes *à froid* un papier de tournesol. Au bout de 4 mois le papier passe au rouge pelure d'ognon et se décolore. Le taux d'azote est de $180^{cm^3},1$ sur la poudre brute précipitée sans épuisement à l'éther et au chloroforme. Il y a donc des réserves à faire sur le taux exact de dénitration, mais la correction ne paraît pas dépasser 5^{cm^3} à 6^{cm^3} et la dénitration apparente est de 20^{cm^3}.

Les chauffages successifs à 110° ont donné les résultats suivants :

h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
0. 9	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12
0.15	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	

13 chauffages suivis d'aération relèvent un peu l'épreuve dont la durée est suffisante pour amener le tube à la température de 105° environ.

4° La poudre BM_2AM_8 n'a pas changé d'aspect. Aérée et transvasée, *elle ne rougit pas le papier de tournesol* en 3 heures 45 minutes. Conservée en flacon depuis 4 mois, elle fait passer à froid

Digitized by Google

le papier de tournesol à la teinte violacée, puis rouge vineuse à peu près dans les conditions que l'on observe pour le nitrite d'amyle.

Le taux d'azote est de 196$^{cm^3}$,1. Ce taux est voisin du taux initial 198$^{cm^3}$ et paraît un peu fort, eu égard à la dénitration de 6$^{cm^3}$ observée dans la série précédente sur une poudre BM_7 AM_8.

Les chauffages à 110° successifs ont donné :

h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
0.30	0.32	0.24	0.18	0.20	0.18	0.20
0.19	0.20	0.18	0.19	0.18	0.18	

13 chauffages suivis d'aération ne produisent aucune amélioration de l'épreuve, mais au contraire un léger fléchissement.

En résumé, aucune des poudres de l'armement sous la forme des poudres minces du type BC ne supporte sans altération l'absorption de $\frac{15}{1000}$ de vapeurs nitreuses dans un étuvage de 15 jours à 40°.

Les poudres de faible résistance et 11 à 12 ans d'âge non AM (4 heures) ou AM_2 (24 heures) sont dénitrées profondément (45$^{cm^3}$ à 36$^{cm^3}$), et leur décomposition se poursuit activement à froid.

Les poudres neuves 1,5 de diphénylamine sont dénitrées et leur décomposition se poursuit lentement à froid, bien que la diphénylamine n'ait pas fonctionné comme indicateur.

Les poudres AM_8 ont perdu toute résistance et, sans rougir à froid le tournesol, émettent une odeur acétique en faisant à la longue, en quelques mois, passer au rouge vineux un papier de tournesol.

L'absorption de $\frac{13}{1000}$ correspondant à la première série à la densité de 0,05 sur poudres moyennement épaisses du type BM_7 ou BGC_1 paraît la limite de celles que peuvent tolérer les poudres saines AM_2 ou AM_8, bien que les premiers rouges de l'épreuve à 110° tombent à des valeurs très faibles. Mais ces poudres se relèvent aux chauffages successifs : elles sont encore capables de réduire leurs produits nitreux. Pour les poudres saines non AM du type ancien du *Pothuau* (12 années de conservation), cette absorption suffit néanmoins pour entraîner l'altération définitive.

L'absorption de $\frac{3}{1000}$ paraît au contraire sans aucun inconvénient pour les trois catégories de poudres BM_7 ou BGC_1, sauf l'abaissement à 1 heure 45 minutes du premier rouge des poudres non AM du *Pothuau* qui se relèvent ensuite au chauffage.

Digitized by Google

L'ensemble de ces premières expériences tend donc à établir que la limite pratique d'avarie pour les poudres AM paraît correspondre à l'absorption minima de 1 pour 100 de vapeurs nitreuses.

Il nous a paru toutefois nécessaire de reprendre des essais dans l'intervalle considérable laissé entre l'absorption de $\frac{3}{1000}$ et celle de $\frac{13}{1000}$. Ces expériences sont en cours.

Mais les résultats déjà acquis permettent de serrer de plus près la question de l'avarie des poudres dans les limites d'absorption nitreuse compatibles avec les conditions extrêmes réalisables dans l'armement.

III. — Résumé et conclusions.

Les expériences de Robertson et Napper sur la décomposition du coton-poudre rapprochées de toutes les observations relatives à la décomposition des poudres B en atmosphère inerte conduisent à admettre que les dégagements gazeux provenant de l'altération de ces poudres B ne contiennent pas de vapeurs nitreuses en quantité appréciable, mais seulement les oxydes inférieurs de l'azote ou l'azote libre.

La production des vapeurs nitreuses au contact des poudres de l'armement ne semble donc pouvoir résulter que de la présence d'une atmosphère oxydante transformant en peroxyde d'azote le bioxyde d'azote produit par les poudres.

Ce dégagement de bioxyde d'azote provient soit de la dénitration normale d'une poudre saine à *toute température,* soit accidentellement de la décomposition de brins avariés.

La première de ces actions provenant de la dénitration normale n'est sensible qu'à des températures élevées. C'est ainsi que pour une poudre saine on peut évaluer au $\frac{1}{10}$ de la dénitration totale, soit à $\frac{1}{100}$ de centimètre cube par grammie, la production de bioxyde d'azote par heure à 110°, par jour à 75°, par mois à 40° et par année aux températures normales de 15° à 20°.

La deuxième action, celle des poudres avariées, est au contraire très importante. Pour une poudre complètement avariée du *type non* AM, le seul jusqu'à ce jour que l'on connaisse en cet état, la production de bioxyde d'azote est 700 à 800 fois plus considérable que celle des poudres saines et suit la même loi de variation avec

Digitized by Google

la température, de telle sorte qu'il est commode de dire que, pour les poudres *totalement avariées non* AM, la production de bioxyde d'azote est en heures ce qu'elle est en *mois* pour une poudre saine normale.

D'après ces bases, on peut chercher à prévoir le mode d'action des vapeurs nitreuses sur les poudres de l'armement.

Cette action est essentiellement différente suivant que les poudres sont en récipients étanches ou en récipients incomplètement fermés.

Récipients étanches. — Dans le premier cas l'atmosphère oxydante est limitée, et c'est la dose originelle d'oxygène qui fixe le maximum de la teneur en vapeurs nitreuses des poudres du récipient.

La densité de chargement des récipients ou des douilles est rarement inférieure à 0,6. C'est donc au plus $\frac{0.8}{1000}$ de vapeurs nitreuses que les poudres ainsi renfermées pourront absorber, et cette limite est encore évaluée trop haut, parce que l'oxydation des vapeurs alcooliques et des parois du récipient réduisent notablement la proportion d'oxygène disponible pour la formation de vapeurs nitreuses, comme l'ont montré les chauffages en matras scellé à 75° et à 40°.

Or nous avons établi que cette dose d'absorption de $\frac{0.8}{1000}$ laisse les poudres dans l'état le plus normal et n'entraîne aucune dénitration à 40°, ou même à 75° (deux chauffages de 7 jours à 75° à la densité de chargement 0,3 avec renouvellement de l'atmosphère d'air dans l'intervalle).

Il y a donc là pour la sécurité de l'armement conservé dans les caisses soudées actuellement réglementaires dans la Marine une constatation dont l'importance paraît capitale.

Récipients non étanches. — Dans le cas des récipients non étanches, la quantité d'oxygène est en principe illimitée; mais le renouvellement de l'atmosphère du récipient ne résulte que des variations thermométriques et barométriques, la diffusion par de très petits orifices paraissant devoir être secondaire. Si l'on évalue à 3° la variation diurne de la température des soutes (1), le renou-

(1) M. Angot, directeur du Bureau central météréologique, nous a fait connaître (10 décembre 1907) que la variation thermométrique diurne de 11°, à Lorient, en été, et de 6° à 7° en hiver, se réduisait à 3° dans les locaux fermés.

Digitized by Google

vellement journalier ne dépasserait pas $\frac{1}{100}$ et dans l'année le renouvellement total de l'atmosphère se produirait 3 à 4 fois. Les variations barométriques diurnes ne donnent lieu qu'à des échanges secondaires (2^{mm} deux fois par jour dans l'océan Indien et $0^{mm},8$ sur nos côtes), mais les dépressions importantes accidentelles de 20^{mm} à 25^{mm}, soit 3 pour 100, ne semblent pas devoir dépasser la proportion de une par semaine, soit d'une cinquantaine dans l'année. De ce chef, on devrait compter également un renouvellement total de $1\frac{1}{2}$ fois, soit en somme annuellement cinq renouvellements complets. Il n'est donc pas déraisonnable d'admettre qu'une douille imparfaitement fermée peut permettre annuellement la réaction de quantités d'oxygène six fois plus fortes que celle qui existe normalement au contact de la poudre au moment du chargement. La dose de vapeurs nitreuses correspondante serait donc, si le bioxyde d'azote est en proportion suffisante, $0,8 \times 6 = \frac{4,8}{1000}$ du poids de la poudre.

D'après les expériences correspondant à l'absorption de $\frac{3}{1000}$ et et à celle de $\frac{13}{1000}$, cette dose de $\frac{4,8}{1000}$ n'entraînerait aucune détérioration des poudres, mais ferait vraisemblablement tomber à une valeur médiocre les premiers rouges de l'épreuve à 110°. C'est un point qui sera éclairci par les expériences en cours, où l'absorption de vapeurs nitreuses sera poussée à $\frac{6}{1000}$.

Il reste à examiner dans quel cas la production de bioxyde d'azote peut être suffisante pour entraîner l'utilisation totale de l'oxygène introduit par le renouvellement de l'atmosphère de la douille.

Poudres saines. — Il est facile de montrer tout d'abord que le chauffage à 40° d'une poudre saine ne peut donner que des quantités de bioxyde d'azote ou de vapeurs nitreuses bien inférieures aux proportions limites que nous venons d'envisager. Le dégagement de $\frac{1}{100}$ de centimètre cube par mois à 40° conduit à $0^{cm^3},12$ en 12 mois, soit $\frac{0,24}{1000}$ de vapeurs nitreuses. Il faudrait donc une douzaine d'années de chauffage continu à 40° pour charger les poudres de la proportion de $\frac{3}{1000}$ de vapeurs nitreuses que nos expériences ont montrée encore inoffensive.

Poudres avariées. — Avec les poudres avariées, l'émission de bioxyde d'azote peut atteindre et dépasser rapidement celle qui

Digitized by Google

correspond à l'utilisation totale de l'oxygène fourni par le renouvellement de l'atmosphère du récipient.

Prenons un exemple :

Supposons que la poudre renferme la proportion maxima de 3 pour 100 de brins avariés trouvés jusqu'à ce jour pour un fagot dans la démolition des munitions du *Brennus*, du *Charlemagne* et du *Pothuau*, et admettons que ces brins soient *totalement avariés*, tandis que en réalité ils ne le sont que sur une faible proportion de leur surface. Leur émission de bioxyde d'azote est 700 à 800 fois plus considérable que celle de la poudre saine à la même température; elle permettrait donc la formation en une année pleine de chauffage à 40° de $0{,}24 \times \frac{3}{100} \times 800 = \frac{5{,}76}{1000}$ de vapeurs nitreuses par unité de poids de poudre, proportion supérieure à celle que peut fournir l'oxygène introduit dans le récipient par renouvellement de l'atmosphère pendant le même temps. *C'est donc l'oxygène de renouvellement de l'atmosphère* de la douille qui limitera à $\frac{4{,}8}{1000}$ l'absorption possible, et toute hypothèse admettant une proportion plus considérable de brins avariés sera sans effet sur le taux de vapeurs nitreuses réellement produit et ne permettra pas de dépasser le taux d'absorption de $\frac{4{,}8}{1000}$.

Dans toutes ces hypothèses, nous avons admis que nous avions affaire à des munitions surveillées et que la poudre saine était en excès par rapport à la poudre avariée, de telle sorte que l'atmosphère interne du récipient est constamment dépouillée des vapeurs nitreuses par ces poudres saines qui possèdent, ainsi que nous l'avons vu, un pouvoir absorbant considérable.

Dans ces conditions, le mode de décomposition des brins avariés est bien celui que nous avons étudié expérimentalement en atmosphère inerte.

Poudres non surveillées. — Si, abandonnant les conditions extrêmes réalisables dans un armement surveillé, on suppose à la fois une masse en pleine avarie à température élevée et largement ventilée, il est évident que les conclusions précédentes ne seraient pas valables, et, bien qu'aucun fait d'emportement de réaction à des températures ne dépassant pas 40° n'ait été encore observé dans nos essais, nous pensons que les chances d'inflammation dans ces conditions ne sont pas négligeables.

Digitized by Google

Conclusions.

Les conclusions les plus importantes de cette étude paraissent pouvoir s'énoncer comme il suit :

1° Les poudres B peuvent saturer des quantités notables de vapeurs nitreuses sans aucune altération de leur résistance.

2° Le mode de conservation, actuellement réglementaire dans la Marine, des poudres en caisses soudées présente un haut degré de sécurité, parce qu'il limite l'action possible des vapeurs nitreuses, par élévation anormale de la température des soutes, à des valeurs bien inférieures à celles que les poudres AM_2 ou AM_8 supportent sans aucun affaiblissement de leur résistance.

3° Si l'on considère des poudres AM_2 ou AM_8 *surveillées annuellement* suivant les méthodes réglementaires de la Marine, mais supposées placées dans les conditions extrêmes suivantes :

1° Température de 40°.

2° Défaut d'étanchéité des récipients assurant annuellement six fois le renouvellement total de l'atmosphère interne par variations barométriques ou thermométriques.

3° Taux maxima de poudres avariées rencontré jusqu'à ce jour, exclusivement sur les poudres non AM.

Ces poudres ne peuvent atteindre une absorption nitreuse capable de provoquer leur altération généralisée.

4° Le premier indice de l'altération d'une poudre se trouve dans l'extrême faiblesse de l'épreuve de premier rouge et dans la diminution du taux d'azote. Ces deux caractères sont à joindre à la valeur de l'épreuve totalisée.

5° Si l'on considère *des poudres non surveillées* pour lesquelles le taux de vapeurs nitreuses absorbé atteint ou dépasse 1,5 pour 100, aucun type actuellement réglementaire ne peut subsister inaltéré : les poudres à 1,5 pour 100 de diphénylamine se dénitrent et entrent en décomposition lente à froid *sans virage préalable du stabilisant* qui ne fonctionne pas comme indicateur.

Les poudres AM_8 sont également altérées, mais elles ont accusé dans les mêmes circonstances une résistance plus grande que les poudres à 1,5 pour 100 de diphénylamine.

Paris, le 31 décembre 1908.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES.

Anleitung zur chemischen und physikalischen Untersuchung der Spreng und Zündstoffe, par le Dr KAST, membre scientifique du Comité de recherches militaires à Berlin. Braunschweig, Friedrich Vieweg et fils, 1909. Prix : marks 4,20.

Depuis quelques années il a paru dans tous les pays un nombre considérable de travaux sur les poudres et explosifs, et il était très désirable qu'un technicien voulût bien extraire de ces Publications et grouper dans un même Ouvrage tout ce qui était relatif aux essais chimiques et physiques des matières explosives. C'est ce travail qu'a entrepris le Dr Kast et il s'en est acquitté d'une façon remarquable; son Ouvrage est appelé à rendre de grands services dans tous les laboratoires où l'on s'occupe de poudres ou explosifs.

L'auteur a divisé son Livre en deux Parties principales consacrées : la première aux recherches de chimie analytique et la deuxième aux recherches physiques et balistiques. Chacune de ces Parties comprend des Chapitres distincts consacrés respectivement aux poudres, aux explosifs et aux amorces. Des Chapitres spéciaux traitant des feux d'artifices, des allumettes et des recherches d'ordre général complètent l'Ouvrage. Tous les Chapitres sont rédigés avec une très grande clarté et avec beaucoup de concision, et la recherche de renseignements est rendue extrêmement facile par une Table alphabétique très détaillée. De plus, des références bibliographiques nombreuses sont indiquées à chaque article traité et donnent au lecteur toutes facilités pour approfondir les questions qui l'intéressent d'une façon plus particulière.

Ce petit Ouvrage a sa place marquée dans les établissements qui s'occupent de recherches techniques sur les explosifs, et nous serons heureux de voir paraître l'édition plus détaillée que promet le Dr Kast.

Digitized by Google

COMMUNICATIONS DIVERSES.

Sous la rubrique *Communications diverses*, le *Mémorial* publiera :

Chapitre I. — Des questions ou critiques ayant pour objet soit de provoquer des éclaircissements ou explications de la part des auteurs d'articles déjà parus, soit de susciter de fructueux échanges d'idées entre les lecteurs sur toute question nouvelle.

Chapitre II. — Les réponses faites aux questions posées ou aux critiques adressées aux auteurs.

Toute Communication à insérer dans cette partie du *Mémorial* devra parvenir au Président du Comité de Direction signée de son auteur, comme d'ailleurs tout Mémoire adressé au *Mémorial*.

Cependant, afin de laisser la plus grande liberté possible pour la polémique, le Comité de Direction publiera la Communication soit sans signature, soit sous la signature vraie ou sous un pseudonyme, au gré de l'auteur.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1908 (1).

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1908.

Ce Rapport, établi conformément à l'article 4 du Décret constituant la Commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1908;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des Rapports établis pendant l'année 1908.

RAPPORT N° 190. — *Sur une demande d'autorisation formulée par M. Mourlot père.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. LIOUVILLE.)

Par dépêche du 22 juin 1906, le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission une demande de M. Mourlot,

(1) *Voir* 1 432, 2 573, 3 171, 4 205, 5 68, 6 211, 7 139, 8 60, 9 118, 10 17, 284, 11 47, 220, 12 43, 115, 13 141, 267 et 14 26 et 176 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1908.

Digitized by Google

demeurant à Ivry (Seine), en vue d'obtenir l'autorisation de fabriquer un explosif désigné *Poudre ignifuge Mourlot.*

D'après les renseignements donnés à l'appui de cette demande, la composition de l'explosif proposé était la suivante :

	Pour 100.
Salpêtre	50
Sucre ordinaire	20
Soufre	20
Charbon de bois de bouleau	10

le tout pulvérisé ensemble et immergé dans un bain composé de

	Pour 100.
Sulfure de carbone	70
Essence de bouleau rectifiée	20
Éther	20

La poudre ainsi préparée pouvait, d'après l'inventeur, séjourner pendant des années dans des tonnelets en bois de chêne, sans que la trajectoire et l'explosion de la poudre, qui sont supérieures à celles de l'État, fussent altérées.

Il n'a pas paru nécessaire à la Commission de demander à l'inventeur des échantillons du mélange dont il demandait la fabrication. Il est clair, en effet, que ce mélange est un des nombreux explosifs proposés comme succédanés de la poudre noire et auxquels il n'est pas possible d'attribuer un avantage quelconque sur cette dernière.

Dans le cas actuel, les inconvénients particuliers, résultant de l'addition de produits volatils, tels qu'éther et sulfure de carbone, étaient trop évidents pour qu'il fût nécessaire d'y insister.

Dans ces conditions, la Commission a émis l'avis que l'explosif dit *Poudre ignifuge Mourlot* n'était pas un explosif nouveau, au sens de la loi du 8 mars 1875, et que l'État n'avait aucun intérêt à en autoriser la fabrication.

RAPPORT N° 191. — *Sur l'étude des fusées grêlifuges Aulagne et Cie.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 23 février 1907, le Ministre de la Guerre a com-

Digitized by Google

muniqué à la Commission une lettre par laquelle MM. Aulagne et Cie demandaient l'autorisation :

1° De faire usage de l'appareil dit *Tonneau, avec billes en bois;*

2° De prendre livraison des cheddites en toutes quantités, pour la préparation de leurs fusées grêlifuges.

Le Rapport de la Commission rappelle que l'emploi du tonneau pour la préparation des compositions fusantes est formellement interdit par diverses Circulaires de la Régie et qu'il a été mis en vente, depuis 1903, un type de pulvérin (n° 2) susceptible d'être utilisé dans les compositions fusantes. Or, il paraissait résulter, de la demande faite par la maison Aulagne, que ce type de pulvérin ne conviendrait qu'imparfaitement à la fabrication des fusées grêlifuges.

La Commission a pensé que la question ainsi posée pourrait être avantageusement examinée par les services de la Régie et des Poudres et Salpêtres, dont les études avaient conduit à l'adoption du pulvérin n° 2. Elle a fait d'ailleurs observer que la plupart des engins paragrêles qu'elle a examinés possédaient des qualités ascensionnelles satisfaisantes.

En ce qui concerne la livraison des cheddites destinées au chargement des fusées paragrêles, la Commission, tout en maintenant la conclusion de son Rapport n° 179 du 14 mars 1907, n'a pu qu'appuyer la demande faite par la maison Aulagne.

Rapport n° 192. — *Sur une demande de modification de la composition de la dynamite n° 2 de Cugny.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 12 septembre 1907, le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission des substances explosives une demande formée par la Société française des Explosifs, en vue d'être autorisée à modifier la composition de la dynamite n° 2 fabriquée en son usine de Cugny.

Les compositions centésimales ancienne et nouvelle de la dynamite n° 2 de Cugny sont les suivantes :

Digitized by Google

	Compositions	
	ancienne.	demandée.
	—	—
	Pour 100.	Pour 100.
Nitroglycérine.....	48	35
Nitrate de potasse.....	39	»
Nitrate de soude.....	»	52
Cellulose.....	13	13

cette dernière composition était déjà autorisée dans les autres fabriques françaises.

Des échantillons de la dynamite modifiée ont été adressés de Cugny à la Commission, qui les a soumis aux expériences habituelles pour étudier l'action de la chaleur et de l'humidité. Ces épreuves ont été faites comparativement sur des échantillons de gomme d'Ablon, de dynamite n° 2 et de dynamite n° 1. L'enveloppe des cartouches du nouvel échantillon était paraffinée.

Il résulte des essais effectués que le paraffinage des cartouches de dynamite n° 2 modifiée a complètement préservé cette matière contre l'humidité; d'autre part, les échantillons ont médiocrement résisté à l'action de la chaleur; mais la Commission a fait remarquer que la dynamite n° 2 à la potasse, déjà autorisée, avait donné dans les mêmes conditions, des résultats encore plus mauvais.

La nouvelle formule étant déjà autorisée dans d'autres fabriques, la Commission a émis l'avis qu'il y avait lieu d'accueillir favorablement la demande de la Société française des Explosifs. Elle a signalé, toutefois, l'infériorité de la dynamite n° 2 comparée à la plupart des dynamites actuellement autorisées en France.

RAPPORT N° 193. — *Sur une demande d'autorisation de fabriquer deux nouveaux types de dynamite.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur: M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 21 août 1907, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur une demande de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer deux nouveaux types de dynamite dénommés *Carbonite grisoutine A* et *Carbonite grisoutine B*.

Les compositions des deux nouveaux types étaient les suivantes :

Digitized by Google

Carbonite grisoutine A.	Nitroglycérine.....	25,00	pour 100
	Coton collodion.....	0,50	
	Nitrate de soude.....	34,00	
	Cellulose.....	40,00	
	Carbonate de magnésie..	0,50	
Carbonite grisoutine B.	Nitroglycérine.....	25,00	pour 100
	Nitrate de potasse.....	34,00	
	Nitrate de baryte.....	1,00	
	Farine de blé.....	38,50	
	Farine d'écorce.....	1,00	
	Carbonate de soude.....	0,50	

Ces deux dynamites différaient principalement par la nature du nitrate employé. De plus, l'incorporation de la nitroglycérine de la première était mieux assurée, grâce à l'adjonction de 0,50 pour 100 de coton azotique. Enfin, au point de vue physique, la cellulose du type A était moins compressible que la farine du type B.

Les échantillons reçus par la Commission provenaient de la dynamiterie de Billy-Berclau et comprenaient onze cartouches de chaque type. Les cartouches de carbonite A étaient munies de deux enveloppes dont la première était paraffinée.

Ces échantillons ont été soumis, comparativement à une gomme d'Ablon, à l'action de la chaleur et à celle de l'humidité.

Les vitesses de détonation, rapportées à celles d'un échantillon type de cordeau détonant, ont été déterminées, d'une part, sur les cartouches mêmes de l'échantillon et, d'autre part, sur des tubes de cuivre de 1^{mm} d'épaisseur, 17^{cm} de longueur et 20^{mm} de diamètre.

En ce qui concerne l'emploi des carbonites dans les mines grisouteuses, il résulte que, d'après une Circulaire du Ministre des Travaux publics en date du 1er août 1890, les explosifs pour mines grisouteuses ne doivent pas dégager de produits combustibles tels qu'hydrogène, oxyde de carbone, etc. Les deux carbonites présentées, qui sont à combustion incomplète, ne pouvaient donc pas, dans la législation actuelle, être autorisées dans les mines à grisou. Mais il n'a pas semblé à la Commission qu'elle fût assez nettement saisie de la question de l'emploi des carbonites dans les mines à grisou pour retarder l'envoi de ses conclusions, en les faisant précéder d'une nouvelle étude de l'inflammation à l'air libre des produits combustibles des explosifs et, éventuellement, de

Digitized by Google

propositions pour la modification de la Circulaire du 1er août 1890.

En résumé, l'échantillon de carbonite grisoutine A de Billy-Berclau a donné des résultats satisfaisants aux épreuves de chaleur et d'humidité.

L'échantillon de carbonite grisoutine B s'est bien comporté à l'épreuve de l'humidité, mais il a résisté médiocrement à l'épreuve de chaleur.

La Commission a fait observer que les carbites de Paulilles et d'Ablon, qui ont la même composition que la carbonite grisoutine B, avaient antérieurement donné des résultats analogues.

En conséquence, la Commission a été d'avis que la fabrication des carbonites grisoutines pouvait être autorisée; mais, d'autre part, elle a estimé que, dans l'état actuel de la législation, ces deux dynamites ne pouvaient pas être employées dans les mines grisouteuses et, pour éviter toute confusion, elle a proposé de supprimer, dans leurs dénominations, le mot *grisoutine* qui a été jusqu'ici réservé aux explosifs dont l'emploi est autorisé dans les mines grisouteuses.

RAPPORT N° 194. — *Sur l'étude d'un nouveau type d'explosif chloraté Street* (*Cheddite n° 60 N au chlorate de soude*).

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

A la suite des Rapports nos 172 et 175 de la Commission, le Ministre de la Guerre, par dépêche du 15 janvier 1907, a communiqué une Note sur la fabrication entreprise à la Poudrerie de Vonges et a annoncé l'envoi des échantillons demandés par la Commission.

En outre, la Commission a reçu trois documents de la Société Bergès, Corbin et Cie, l'un relatif à la contraction des cartouches de cheddite 60N, un autre sur le durcissement et la contraction des cartouches de cheddite et, le dernier, sur la composition exacte et l'emploi de la cheddite 60 N.

Les conclusions de la Note établie par la Poudrerie de Vonges étaient les suivantes :

1° Aucun incident de fabrication n'a manifesté un danger spécial à l'emploi du chlorate de soude;

2° On peut adopter les mesures de sécurité proposées par

Digitized by Google

MM. Bergès, Corbin et Cie, pour le lavage des vêtements et de l'outillage;

3° Avec les installations actuelles, des difficultés réelles de fabrication et même une impossibilité complète de fabriquer doivent être prévues par les temps humides;

4° Sous réserve d'interrompre la fabrication en cas de difficulté due à l'humidité atmosphérique, le prix de revient de la main-d'œuvre ne paraît pas devoir différer sensiblement de celui de la cheddite 60 *bis*, au chlorate de potasse.

Les échantillons reçus de la Poudrerie de Vonges comprenaient une caisse de 70kg de cheddite 60 N à l'état de poussier tout-venant, ainsi qu'une caisse contenant des outils en bois et des vêtements prélevés, au bout de 1, 3 ou 5 jours, dans les ateliers de tamisage, de malaxage et de laminage.

Pour s'assurer des dangers de manipulation du chlorate de soude, la Commission a effectué, sur les outils et vêtements reçus de Vonges, une série d'essais dans le but de constater leur degré d'inflammabilité ou de combustibilité. Il en résulte que, malgré les dangers de manipulation du chlorate de soude, la fabrication de la cheddite 60 N paraissait pouvoir être faite dans des conditions admissibles, grâce à des consignes complémentaires de sécurité, telles que le lavage bi-hebdomadaire des vêtements et de l'outillage.

La Commission s'est assurée de la sensibilité à l'amorce de fulminate de la cheddite 60 N, par la mesure des vitesses de détonation de l'explosif renfermé dans des tubes de cuivre, de zinc ou de papier fort; elle a fait ressortir l'influence qu'exercent sur ces vitesses le diamètre des cartouches, la nature des enveloppes et la densité du chargement. La Commission a ensuite procédé à des essais comparatifs, en trous de mine, sur des cartouches provenant de l'échantillon envoyé par Vonges et sur des cartouches de cheddite 60 N, Bergès 1902, réencartouchées sous diverses densités; puis elle a étudié les effets du durcissement et du ramollissement des cartouches, au point de vue de leur sensibilité sous l'influence de l'amorce de fulminate.

En résumé, trois points réservés dans les Rapports antérieurs de la Commission ont été examinés de nouveau et ont donné lieu aux conclusions suivantes :

Digitized by Google

1° *Prix de revient.* — Le prix du chlorate de soude, est assez avantageux pour que les explosifs au chlorate de soude présentent un intérêt appréciable.

2° *Manipulation du chlorate de soude.* — Les dangers spéciaux de manipulation du chlorate de soude paraissent pouvoir être surmontés par des consignes nouvelles de sécurité, telles que le lavage bi-hebdomadaire des vêtements et de l'outillage.

3° *Sensibilité à l'amorce de fulminate.* — La cheddite 60 N est un explosif très compressible, qu'on est conduit à encartoucher sous des densités supérieures à 1,55. Dans ces conditions, elle ne détone qu'incomplètement en trous de mine sous l'action de l'amorce à 1^{g},5 de fulminate.

La Commission a émis l'avis qu'il n'y avait pas intérêt pour l'État à entreprendre la fabrication de la cheddite 60 N.

RAPPORT N° 195. — *Sur une demande de M. Claude, relative à un procédé de fabrication de l'hydrogène.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. BERTRAND.)

Par lettre du 14 février 1908, le Chef du Cabinet du Ministre de la Guerre transmettait à la Commission une proposition de M. Claude, sur laquelle le Ministre désirait avoir, le plus tôt possible, l'avis de la Commission.

La description sommaire renfermée dans la lettre de M. Claude indiquait que l'invention proposée consiste à partir du gaz, dit *à l'eau*, mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone, à le comprimer à une très forte pression, de manière à liquéfier le second de ces corps, et à laisser l'hydrogène gazeux se dégager. Si la tension de vapeur de l'oxyde de carbone liquide, à la température considérée, était nulle, l'hydrogène ainsi obtenu serait pur. Comme il n'en est pas ainsi, cet hydrogène conserve 5 pour 100 d'impuretés; son prix de revient, dans ces conditions, serait d'environ 0^{fr},15 le mètre cube.

Le Conseil d'administration de la *Société de l'air liquide* hésitant à s'engager dans les dépenses importantes de temps et d'argent qu'entraînerait la réalisation d'un appareil industriel,

Digitized by Google

M. Claude demandait au Ministre de la Guerre de lui faire espérer qu'en cas de succès, les appareils créés seraient adoptés dans les stations de dirigeables militaires.

La question posée ne rentrait pas dans le cadre des études habituellement soumises à la Commission; néanmoins, il a été possible de montrer, par une analyse un peu détaillée, les divers aspects sous lesquels elle se présentait.

Il est résulté des recherches de la Commission que, sur un aperçu aussi sommaire que celui fourni par l'inventeur, elle ne pouvait conseiller au Ministre de renoncer à des installations coûteuses et d'un fonctionnement satisfaisant, pour s'engager à adopter les procédés de M. Claude, si séduisants qu'ils paraissent être. Tout au moins conviendrait-il de mettre en balance, d'une part, la nouvelle dépense à engager et, d'autre part, l'économie réalisée sur le prix de revient de l'hydrogène produit. Il y aurait lieu, en outre, de considérer les dangers pouvant résulter de l'emploi d'un gaz toxique (oxyde de carbone) dont le manque d'odeur ne saurait déceler la présence.

Si l'on entrait dans cette voie, la première usine d'étude serait sans doute bien placée à Chalais; mais, comme l'Établissement possède déjà une usine à acide sulfurique et fer et une usine électrolytique qui suffisent à tous les besoins, une grande réserve semble s'imposer.

La Commission n'a pas voulu conclure au rejet pur et simple de cette application nouvelle, mais elle a pensé que le Ministre lui témoignerait un intérêt suffisant en offrant à la Société d'exploitation de lui prendre, à un prix et sous des conditions à débattre, une quantité assez importante d'hydrogène.

Dans tous les cas, cette question et d'autres, soulevées par la lettre de M. Claude et que la Commission des substances explosives n'a pu traiter que d'une façon sommaire, devraient être renvoyées, pour une étude complète, à l'examen des Services intéressés du Ministère de la Guerre.

RAPPORT N° 196. — *Sur l'étude d'un nouveau modèle de fusées paragrêles présenté par M^me^ V^ve^ Floutier.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Digitized by Google

Par dépêche du 6 décembre 1907, le Ministre de la Guerre a informé la Commission que, conformément à l'avis exprimé dans son Rapport n° 183, du 17 mai 1907, la demande faite par Mme Vve Floutier, en vue d'être autorisée à fabriquer des fusées paragrêles, avait été rejetée par l'administration. Mme Floutier sollicitant l'autorisation de faire étudier un nouveau modèle de fusées et d'en entreprendre la fabrication, le Ministre désirait connaître l'avis de la Commission sur la suite à donner à cette nouvelle demande.

La Commission a reçu, de Mme Vve Floutier, 12 fusées paragrêles du nouveau type proposé.

Elle a soumis ces engins aux épreuves de tir ordinaires, dans une séance qui a eu lieu à Achères, le 7 mars 1908. Le tir s'est montré régulier.

Au point de vue de l'observation du monopole, la composition fusante des fusées Floutier du nouveau type étant du pulvérin de l'État, régulièrement surdosé avec deux de ses composants également fabriqués par l'État, la loi sur le monopole était observée.

En ce qui concerne la sécurité de fabrication, la sécurité de transport et l'emmagasinage, la Commission n'a pu rien ajouter aux observations contenues dans son Rapport n° 183.

En conséquence, la Commission a été d'avis que la fabrication des fusées paragrêles présentées par Mme Floutier peut être autorisée, pourvu que cette fabrication soit aussi soignée que celle des nouveaux échantillons qui ont été soumis à son examen.

Elle estime que les stations de tir devraient être maintenues à quelque distance des habitations et que cette distance pourrait être fixée, par exemple, à 150m, pour les agglomérations, à 25m pour les habitations isolées, et que des mesures de sécurité, variables suivant les circonstances locales, devraient être prises pour éviter les inconvénients que pourrait présenter l'emmagasinage, dans des conditions quelconques et pour une durée illimitée, d'une quantité importante de fusées paragrêles.

Enfin, la Commission a pensé qu'au point de vue des transports par chemin de fer, les fusées paragrêles de Mme Vve Floutier pourraient être assimilées aux artifices de réjouissance déjà classés en 1re catégorie.

Digitized by Google

RAPPORT N° 197. — *Sur le fonctionnement des explosifs pour mines grisouteuses et poussiéreuses.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Dans son rapport n° 193 analysé plus haut, la Commission avait émis l'avis que l'emploi des types de dynamite dénommés *Carbonite grisoutine A* et *Carbonite grisoutine B* ne pouvait pas, dans l'état actuel de la réglementation, être autorisé dans les mines grisouteuses.

La réglementation actuelle est, en effet, basée sur les conclusions adoptées par la Commission dans ses Rapports des 5 juillet et 8 novembre 1888. Les études entreprises à cette époque avaient fait ressortir, d'une part, l'influence prépondérante de la température de détonation et, d'autre part, les dangers qui peuvent résulter de l'emploi d'explosifs à combustion incomplète, par suite de la combustion ultérieure de leurs produits dans l'atmosphère environnante. L'étude de l'action des sels hydratés ajoutés aux explosifs a fait constater que ces corps ne sont décomposés que très partiellement par la détonation et que leur effet est par là même incertain.

La Circulaire ministérielle du 1er août 1890 (Travaux publics) a interdit l'emploi, dans les mines grisouteuses et poussiéreuses, des explosifs dont les produits de détonation contiennent des éléments combustibles tels qu'hydrogène, oxyde de carbone, carbone solide, et elle a limité la température de détonation à 1900° pour les explosifs employés au travail de percement du rocher et à 1500° pour ceux qui sont employés dans les travaux en couche.

Dans son Rapport précité, la Commission avait fait observer que l'emploi fait, à l'étranger, des explosifs du type des carbonites grisoutines, montrait que le danger d'inflammation de leurs produits de détonation était douteux et qu'il serait intéressant de connaître les circonstances dans lesquelles l'hydrogène et l'oxyde de carbone dégagés par les explosifs à combustion incomplète brûlent dans l'atmosphère environnante.

Ces circonstances paraissent actuellement précisées. La Commission, dans sa séance du 12 mars 1908, ayant reçu communication des résultats d'expériences mettant en évidence l'action par-

Digitized by Google

ticulière des sels alcalins à base fixe sur la combustion des gaz et des poussières combustibles, elle a pensé que ces résultats étaient de nature à faire modifier la réglementation actuelle sur l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses, dont l'étude lui avait été demandée par dépêche ministérielle du 6 décembre 1899, et elle a décidé d'exposer la question dans un Rapport qui pourrait être transmis à l'Administration des Travaux publics.

Le Rapport est divisé en deux parties :

1° Addition de sels alcalins pour empêcher la combustion des produits de détonation des explosifs à combustion incomplète;

2° Addition de sels alcalins pour augmenter la sécurité des explosifs en présence du grisou.

Une Note annexée au Rapport fait connaître la composition des explosifs expérimentés.

Les résultats de l'étude entreprise par la Commission l'ont amenée aux conclusions suivantes :

L'introduction de petites quantités de sels de potasse ou de soude dans la composition des explosifs à combustion incomplète peut suffire pour empêcher la combustion des produits de détonation. Une proportion de 5 pour 100 de sel alcalin paraît suffisante pour tous les cas.

L'addition de sels alcalins paraît également devoir être faite pour augmenter la sécurité des explosifs à combustion complète ou incomplète. L'avantage ainsi obtenu semble équivaloir à un abaissement de température de 300°. A sécurité égale, l'addition de sel alcalin permettrait d'obtenir des explosifs plus puissants et plus sensibles.

Comme répercussion sur la réglementation des explosifs à employer dans les mines grisouteuses, la Commission a été conduite à envisager les deux points suivants :

1° La revision de la Circulaire du 1er août 1890, en vue de permettre l'emploi des explosifs à combustion incomplète, additionnés d'une quantité suffisante de sels alcalins, pour éviter à coup sûr l'inflammation, au contact de l'air, des produits de la détonation;

Digitized by Google

2° L'appréciation de la sûreté relative des explosifs d'après la température de détonation calculée suivant les règles de la Circulaire de 1890. Cette température paraît bien jouer le rôle prépondérant dans la sécurité; mais il y a lieu de considérer un élément nouveau, la présence de sels alcalins produisant le même effet que l'abaissement de température. Comme cet effet ne paraît pas pouvoir être évalué numériquement d'une façon certaine, on serait peut-être conduit à attribuer au classement empirique par les charges limites une valeur de criterium supérieure à la règle actuellement suivie en France.

L'examen de ces points concernant plus spécialement l'Administration des Travaux publics et, en particulier, la Commission permanente des études scientifiques sur le grisou et les explosifs de sûreté, la Commission a été d'avis de renvoyer le présent Rapport à l'examen du Ministre des Travaux publics.

RAPPORT N° 198. — *Sur l'établissement d'un programme d'expériences pour l'utilisation des explosifs Street sans emploi à la Poudrerie de Sevran.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 31 octobre 1907, le Ministre de la Guerre a informé la Commission que la Poudrerie de Sévran disposait d'un stock important d'explosifs Street ou cheddites 41 et 60 fabriqués en 1899 et conservés depuis cette époque dans un des dépôts de la Commission des substances explosives. Ces explosifs devant être détruits, le Ministre désirait profiter de leur destruction pour l'exécution d'expériences susceptibles de fournir des renseignements utiles sur les cheddites après huit années de conservation et il demandait à la Commission de lui soumettre, le plus tôt possible, un programme d'expériences à effectuer.

La Commission a proposé d'exécuter à la Poudrerie de Sévran le programme d'expériences résumé ci-après :

1° *Variation des propriétés des cheddites pendant leur conservation.* — Étude des dangers des cheddites anciennement fabriquées.

Cette étude pourrait être étendue si la Commission recevait des

Digitized by Google

renseignements authentiques sur les accidents qui ont pu survenir dans l'emploi des cheddites fabriquées par la poudrerie de Vonges.

2° *Renseignements sur les cheddites en général.* — Examen des circonstances dans lesquelles la combustion simple peut se transformer en détonation.

3° *Renseignements sur les explosifs en général.* — Étude des lois expérimentales de la détonation des explosifs.

Ces essais ne paraissant pas susceptibles d'utiliser toute la cheddite sans emploi à la poudrerie de Sevran, les quantités restantes pourraient être ultérieurement utilisées dans quelques essais portant sur de grandes quantités de matières et destinés à vérifier les conclusions de l'étude ou quelques-unes de ces conclusions.

Le choix du terrain d'expériences ferait alors l'objet de propositions spéciales.

RAPPORTS N^os^ 199 et 202. — *Sur l'examen d'un nouvel explosif dit Prométhée granulé, présenté par M. Larrüe.*

(Étude confiée à la 1^re^ section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 4 février 1908, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission deux lettres par lesquelles M. Larrüe, Ingénieur civil à Paris, demandait la fabrication par l'État d'un nouvel explosif à base de chlorate de potasse dénommé *Prométhée granulé.*

L'État fabrique actuellement et livre aux consommateurs les deux éléments d'un explosif type O n° 3 ou *Prométhée* formé, comme le *Prométhée granulé*, d'un comburant solide et d'un combustible liquide qu'on réunit sur place au moment de l'emploi.

Le Ministre invitait la Commission à lui faire connaître si l'explosif dit *Prométhée granulé* présentait, comme le Prométhée comprimé actuel, des garanties exceptionnelles de sécurité, susceptibles de motiver une fabrication sur place, par dérogation à la loi du monopole et, dans le cas de l'affirmative, s'il y aurait intérêt pour l'État à mettre les éléments du nouvel explosif à la disposition des consommateurs.

D'après les renseignements transmis à la Commission, le Pro-

Digitized by Google

méthée granulé présentait la même composition que le Prométhée comprimé. La fabrication des deux explosifs est analogue. Le trempage ne dure que quelques minutes et doit être suivi d'un séchage de 3 à 4 heures en couches minces, dans lequel l'explosif perd de 1 à 6 pour 100 de son poids. Pour assurer la régularité du trempage, il paraît nécessaire de faire le mélange avec un outil en bois. Le Prométhée granulé présenterait l'avantage de couler dans les trous de mine comme les grains ronds de poudre noire; il serait aussi d'un emploi commode dans les trous irréguliers ou de grand diamètre. De plus, il permettrait d'augmenter le rendement des charges allongées qui, avec l'explosif comprimé, donnent parfois de mauvais résultats.

Les essais de la Commission ont porté exclusivement sur un échantillon de 500^{g} environ de Prométhée trempé, remis à la Poudrerie de Sevran par M. Larrüe.

Par une exposition à l'air pendant 3 jours à la température de 9°, l'explosif a perdu la presque totalité de sa nitrobenzine.

L'échantillon a été, en outre, soumis à des essais de combustion à l'air libre, de sensibilité au choc et à l'amorce de fulminate. Enfin, on a comparé sa densité à celle du Prométhée comprimé.

La Commission a toujours considéré comme dangereux les explosifs chloratés dont la décomposition se transmettait facilement, à la fois par choc et par conductibilité. Le Prométhée comprimé est presque inapte à transmettre la détonation et présente, en outre, une sécurité spéciale provenant de la simplicité de sa fabrication, qui permet de l'obtenir, sur le lieu même de l'emploi, à sa densité définitive, sans danger de chocs et sans production de poussiers.

Le Prométhée granulé propage facilement la décomposition, à la fois par onde explosive et par combustion progressive; il doit donc être considéré comme un explosif chloraté dangereux. Il est vrai qu'il se fabrique sur place comme le Prométhée comprimé; mais des chocs ou des frictions accidentelles peuvent se produire pendant sa préparation, qui est plus compliquée que celle de l'explosif comprimé. De plus, il doit être généralement employé à l'état nu, et des frictions ou chocs assez violents doivent être prévus au moment de l'emploi.

En conséquence, la Commission a émis l'avis que le Prométhée

Digitized by Google

granulé ne présentait pas de garanties de sécurité suffisantes pour motiver une fabrication sur place, par dérogation à la loi du monopole.

Par dépêche du 19 février 1908, le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission une nouvelle lettre de M. Larrüe, aux termes de laquelle le Prométhée granulé devait être trempé et séché à la Poudrerie de Vonges, puis expédié aux consommateurs dans les mêmes conditions que les autres explosifs chloratés. Le Ministre demandait à la Commission de lui faire connaître si le Prométhée granulé présentait, au point de vue de la préparation, de la conservation et de l'emploi, des garanties suffisantes, comparables à celles des explosifs chloratés du type O ou cheddites fabriquées actuellement par les poudreries de l'État.

Dans son nouveau Rapport, la Commission a rappelé les conclusions de son Rapport précédent et ces conclusions lui ont paru suffisantes pour résoudre la nouvelle question posée par la dépêche ministérielle du 19 février 1908.

Elle a émis l'avis que le Prométhée granulé présentait des garanties insuffisantes, au point de vue de la préparation et de l'emploi, et que l'État n'avait pas intérêt à en entreprendre la fabrication.

RAPPORT N° 200. — *Sur une demande d'autorisation de fabrication d'un type de dynamite dite* gélatinée *n° 2.*

(Étude confiée à la 1re section ; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 24 février 1908, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur une demande formée par la Société française des Explosifs, en vue d'être autorisée à fabriquer, dans son usine de Cugny, une dynamite dite *gélatinée n° 2.*

La composition de la dynamite qui faisait l'objet de cette demande était la suivante :

	Pour 100.
Nitroglycérine	48 à 48,50
Coton azotique	2 à 1,80
Cellulose	8 à 7,50
Nitrate de potasse	40 à 40,20
Carbonate de chaux	2 à 2,00

Les tolérances indiquées étaient prévues pour tenir compte des

Digitized by Google

variations dans les propriétés absorbantes de la cellulose et du coton azotique et la composition de la dynamite gélatinée n° 2 paraissait, *a priori*, avantageuse au point de vue de la résistance à l'exsudation.

8 cartouches de l'échantillon proposé ont été envoyées de Cugny à la Poudrerie de Sevran, pour servir aux expériences de la Commission.

La Commission a d'abord mesuré la vitesse de détonation des cartouches, comparativement à celle d'un échantillon de cordeau détonant type.

Dans deux essais effectués, les vitesses obtenues ont été de 1792^{m} et 2066^{m}. Ces vitesses, relativement très faibles, doivent être rapprochées de la forte densité des cartouches (1,71) et de l'aspect huileux des échantillons.

La Commission a, en outre, effectué les épreuves de résistance à la chaleur et à l'humidité des échantillons présentés, comparativement à d'autres types autorisés, d'Ablon et de Cugny. Ces épreuves ont donné de bons résultats; une légère exsudation, observée sur les échantillons de gélatinée n° 2, a paru devoir être attribuée à la grande densité des cartouches.

En résumé, l'échantillon de dynamite gélatinée n° 2 de Cugny s'est bien comporté aux épreuves de chaleur et d'humidité; la composition de cette dynamite, qui contient 2 pour 100 de coton azotique, paraît d'ailleurs avantageuse, *a priori*, au point de vue de la résistance à l'exsudation. Toutefois, l'échantillon reçu présentait, à sa réception, un aspect huileux, et la légère exsudation observée est probablement due à une pression exagérée pendant l'encartouchage.

La Commission a estimé que la fabrication de ce type de dynamite pouvait être autorisée, mais qu'il y aurait intérêt à encartoucher cet explosif sous des densités inférieures à celles des cartouches qui lui ont été envoyées de la Dynamiterie de Cugny.

RAPPORT N° 201. — *Sur la détermination des explosifs pouvant être introduits dans les dépôts.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. LHEURE.)

Par depêche du 6 juin 1903, le Ministre de la Guerre soumet-

Digitized by Google

tait à l'examen de la Commission une demande de MM. Bergès, Corbin et Cie, tendant à l'emmagasinage des cheddites dans les dépôts déjà autorisés contenant, soit de la poudre noire, soit de la dynamite, soit des explosifs Favier.

Par une dépêche ministérielle du 1er mars 1906, la Commission était chargée de l'étude de la nomenclature des explosifs susceptibles d'être introduits dans un dépôt de dynamite, ainsi que des poids pour lesquels ils pouvaient être comptés dans le calcul de la contenance du dépôt.

Enfin, par dépêche ministérielle du 24 décembre 1907, la Commission a été invitée à faire connaître quels étaient les explosifs susceptibles d'être réunis dans un dépôt quelconque et de fixer les règles d'équivalence de poids pour le calcul de la contenance des dépôts.

C'était donc, dans toute sa généralité, la question de l'emmagasinage simultané d'explosifs différents dans les dépôts qui se trouvait alors soumise à l'examen de la Commission.

L'étude entreprise par la Commission comprend deux parties distinctes : d'une part, la classification des explosifs qu'on peut réunir dans un même dépôt et, d'autre part, la fixation des règles d'équivalence à adopter pour le calcul de la contenance maximum d'un dépôt autorisé.

Les explosifs autorisés en France peuvent être divisés en quatre catégories, les formules de chaque catégorie possédant un ensemble de propriétés peu différentes :

La première catégorie comprend les poudres noires ;

La deuxième catégorie comprend les explosifs type N, dits *explosifs Favier ;*

La troisième catégorie comprend les explosifs type O, dits *cheddites ;*

La quatrième catégorie comprend les dynamites.

La Commission a recherché d'abord quelles étaient les catégogories d'explosifs susceptibles d'être associées sans inconvénients. Dans cette étude, elle s'est inspirée du décret du 14 février 1896, qui indique que « les dépôts de dynamite pourront contenir d'autres explosifs, à condition que ces explosifs ne présentent pas, au choc ou à l'inflammation directe, une sensibilité supérieure à celle

Digitized by Google

de la dynamite et que leur présence ne soit pas de nature à augmenter les risques d'explosion ».

La Commission a estimé qu'il convenait d'adopter pour tous les explosifs une règle analogue, c'est-à-dire de n'admettre que les explosifs moins sensibles au choc ou à l'inflammation que l'explosif préalablement autorisé, et à condition que leur présence ne soit pas de nature à augmenter les risques d'explosion.

Aux quatre catégories d'explosifs correspondent quatre catégories de dépôt qu'elle a examinées successivement, savoir :

1° Dépôts de poudres noires ;
2° Dépôts d'explosifs Favier ;
3° Dépôts de cheddites ;
4° Dépôts de dynamites ;

puis elle a procédé à une étude des poids équivalents des différents explosifs.

Comme conclusions des résultats de son étude, la Commission a émis l'avis :

1° Que dans les dépôts de poudre noire et de dynamite, on pourra introduire des explosifs Favier et des cheddites ; dans les dépôts de cheddites on pourra introduire des explosifs Favier et dans les dépôts d'explosifs Favier, on ne pourra admettre aucun autre explosif ;

2° Que les cheddites doivent toujours être emmagasinées dans un compartiment spécial avec porte indépendante, les autres explosifs associés pouvant être placés dans un même compartiment du dépôt ;

3° Que tout explosif admis dans un dépôt, autorisé pour un explosif différent, doit être compté pour son poids réel dans le calcul de la contenance du dépôt.

RAPPORT n° 203. — *Sur l'étude d'un nouveau type d'explosif chloraté Street* (*Type* 60 N *modifié, au chlorate de soude*).

(Étude confiée à la 1re section ; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 8 mars 1905, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission deux lettres par lesquelles MM. Bergès,

Digitized by Google

Corbin et Cie sollicitaient la fabrication d'un nouveau type de cheddite, tout en maintenant leur demande relative au type 60 N.

Le Ministre demandait de lui faire connaître les résultats de l'étude de la Commission sur ces deux types de cheddites au chlorate de soude.

L'étude de la cheddite 60 N avait déjà donné lieu à trois Rapports antérieurs de la Commission (nos 172, 175 et 194). Dans son Rapport n° 194, elle avait formulé les conclusions suivantes :

1° Le prix du chlorate de soude est assez avantageux;

2° Les dangers spéciaux de manipulation du chlorate de soude paraissent pouvoir être surmontés par des consignes nouvelles de sécurité, telles que le lavage bi-hebdomadaire des vêtements et de l'outillage;

3° La cheddite 60 N est un explosif très compressible, qu'on est conduit à encartoucher sous des densités supérieures à 1,55 et, dans ces conditions, elle ne détone qu'incomplètement, en trous de mine, sous l'action de l'amorce de 1g,50 de fulminate.

La Commission avait émis l'avis que l'État n'avait pas intérêt à entreprendre la fabrication de la cheddite 60 N.

L'examen du premier type au chlorate de soude étant ainsi terminé, la Commission a pu reprendre utilement celui du type 60 N modifié, en étudiant surtout la sensibilité à l'amorce de ce nouveau type.

La composition de la cheddite 60 N modifiée était la suivante :

	Pour 100.
Chlorate de soude	75
Mononitronaphtaline	1
Dinitrotoluène	19
Huile de ricin	5

Les échantillons reçus de MM. Bergès, Corbin et Cie comprenaient une caisse de 20kg de cheddite 60 N modifiée, en cartouches de 80g environ. Les cartouches étaient paraffinées.

Les expériences de la Commission ont porté sur les points suivants :

1° Sécurité de fabrication;

2° Gaz produits par la détonation;

Digitized by Google

3° Combustion en vase clos;
4° Vitesses de détonation;
5° Sensibilité à l'amorce de fulminate;
6° Essais en trous de mine;
7° Densité et durcissement des cartouches.

Les essais de la Commission visés dans ce Rapport ne concernent que la cheddite 60 N modifiée; l'étude du type 60 N a fait l'objet du rapport n° 194 analysé plus haut, dont les conclusions, en ce qui concerne le prix de revient et les dangers de manipulation du chlorate de soude s'appliquent au type 60 N modifié.

Le type 60 N modifié est un explosif à combustion à peu près complète, qui dégagera peu d'oxyde de carbone; il est nettement plus brisant que le type 60 N et son maximum de vitesse correspond à une densité plus élevée.

En ce qui concerne la sensibilité à l'amorce, le type 60 N modifié est plus sensible et moins compressible que le type 60 N. On est conduit à l'encartoucher sous des densités légèrement inférieures à la limite de 1,55 environ, pour laquelle la détonation, amorcée par un détonateur de 1^{gr},50, ne se transmet qu'imparfaitement dans les cartouches de papier. Une légère irrégularité d'encartouchage ou une imperfection dans le ramollissement des cartouches durcies suffisent donc pour empêcher la détonation de l'explosif.

Dans une file de cartouches durcies et soigneusement ramollies, disposées au contact, la troisième cartouche, en général, ne détone qu'incomplètement.

Le type 60 N modifié, bien que présentant une aptitude à la détonation supérieure à celle du type 60 N, paraît donc devoir être encore amélioré.

En conséquence, la Commission a conclu que l'État n'avait pas intérêt à entreprendre la fabrication de la cheddite 60 N modifiée.

Rapport n° 204. — *Sur une demande de fabrication par l'État des explosifs dénommés* Sebomites.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 28 septembre 1907, le Ministre de la Guerre communiquait à la Commission le dossier d'une demande formée

Digitized by Google

par M. Bontroux, administrateur de la Société civile des Sebomites, en vue d'obtenir l'autorisation de faire fabriquer par l'État les explosifs dénommés *Sebomites*. Les formules nouvelles différaient de celles des sebomites déjà étudiées par la Commission et qui avaient donné lieu au Rapport n° 170 du 9 novembre 1905. Le Ministre demandait à la Commission d'étudier ces nouvelles formules présentées et de lui faire connaître son avis à leur sujet.

La demande était appuyée des considérations suivantes :

1° Les sebomites offrent tous les avantages et aucun des inconvénients des explosifs similaires;

2° Leur explosion ne dégage pas ou dégage peu d'oxyde de carbone;

3° Leur emploi s'impose dans les puits et les galeries de mine, aux points de vue sanitaire et économique;

4° Des livraisons de sebomites sont instamment demandées par les entrepreneurs de travaux publics et notamment pour les travaux du Métropolitain.

Les deux types de sebomites présentés ont les compositions suivantes :

Sebomite n° 1.	Chlorate de potasse.....	85	pour 100
	Graisse animale fondue.....	6	
	Mononitronaphtaline.....	5,5	
	Binitrobenzine.....	3,5	
Sebomite n° 2.	Chlorate de potasse.....	85	pour 100
	Graisse animale fondue.....	5	
	Mononitronaphtaline.....	10	

Un échantillon de 10^{kg} de chacun de ces deux explosifs a été envoyé à la Commission. Les cartouches contenaient environ 100^{g} d'explosif; elles étaient paraffinées et munies d'une seconde enveloppe non paraffinée.

L'étude effectuée par la Commission a porté sur les points suivants :

1° Sécurité de fabrication;
2° Conservation;
3° Gaz produits par la détonation;
4° Détermination des forces en vase clos;
5° Vitesse de détonation;

Digitized by Google

6° Sensibilité à l'amorce de fulminate;
7° Durcissement des cartouches;
8° Détonations en trous de mine;
9° Prix de revient.

Ces différentes épreuves ont été comparées à celles effectuées sur les différents types de cheddites. Les résultats obtenus sont résumés ci-après :

1° *Sécurité de fabrication.* — Les sebomites 1 et 2 paraissent présenter une sécurité de fabrication un peu supérieure à celle des cheddites. Toutefois, l'introduction de la binitrobenzine dans la composition de la sebomite I pourrait avoir des inconvénients graves pour la santé du personnel ouvrier.

2° *Conservation.* — Il ne semble pas qu'on ait à craindre de décompositions chimiques dangereuses, pas plus avec les sebomites qu'avec les cheddites.

3° *Gaz produits par la détonation.* — La sebomite 1 ne paraît pas devoir dégager d'oxyde de carbone, elle contient en effet un léger excès de chlorate, qui paraît d'ailleurs désavantageux au point de vue de la puissance explosive.

La sebomite 2 ne paraît devoir dégager qu'une très faible quantité d'oxyde de carbone et, à ce point de vue, elle est supérieure aux types 60 *bis* et 60 *bis* modifié de cheddites, mais elle ne présente pas de supériorité sur la quatrième formule du type 60.

4° *Détermination des forces en vase clos.* — Les sebomites 1 et 2 ont accusé, en vase clos, des forces un peu inférieures à celles des cheddites.

5° *Vitesses de détonation.* — Les sebomites ont des vitesses de détonation voisines de celles des cheddites.

6° *Sensibilité à l'amorce de fulminate.* — Les sebomites transmettent plus difficilement la détonation que la cheddite 60, quatrième formule. A ce point de vue, l'infériorité de la sebomite 2 est importante.

Digitized by Google

7° *Durcissement.* — Les sebomites paraissent devoir présenter, après des alternatives de chaleur et de froid, des inconvénients de durcissement analogues à ceux des cheddites. Ces inconvénients seraient encore aggravés par la moindre sensibilité des sebomites.

8° *Travail en trous de mine.* — Lorsque la détonation des cartouches est complète, les sebomites donnent, en trous de mine, des globes sensiblement équivalents à ceux que donnent les cheddites.

9° *Prix de revient.* — D'après la comparaison des prix de revient du suif fondu et de l'huile de ricin, les sebomites ne paraissent pas devoir présenter de supériorité économique sur les cheddites.

En résumé, la Commission a pensé que les sebomites sont des explosifs intéressants, qui auraient pu servir de base à une étude de fabrication industrielle des explosifs chloratés. Mais cette étude ayant été faite avec les types à l'huile de ricin, il s'agissait seulement de comparer aux cheddites les nouveaux explosifs proposés.

Les sebomites paraissent présenter une légère supériorité sur les cheddites en ce qui concerne la sécurité de fabrication ; elles leur paraissent légèrement inférieures à tous les autres points de vue. L'infériorité de la sebomite 2 est importante en ce qui concerne la sensibilité à l'amorce. D'autre part, l'introduction de la binitrobenzine dans la sebomite 1 paraît avoir de graves inconvénients pour le personnel ouvrier.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il n'y avait pas lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication des sebomites.

RAPPORT N° 205. — *Sur une demande de MM. Collombert frères, pour la fabrication d'un type de fusées paragrêles.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale ; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 25 mars 1908, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission au sujet d'une demande de MM. Collombert frères, artificiers à Aix-les-Bains, en vue d'être autorisés à fabriquer des fusées paragrêles de leur invention.

Digitized by Google

La Commission a reçu 12 fusées Collombert; elle les a soumises aux épreuves de tir et les a étudiées au point de vue de l'observation du monopole, de la sécurité de la fabrication, du transport et de l'emmagasinage.

Au point de vue du tir, l'ascension et la détonation des fusées ont été normales et, au point de vue de l'observation du monopole, les fusées Collombert ne contenant que des poudres fabriquées par l'État et des détonateurs au fulminate légalement fabriqués par l'industrie privée, la fabrication de ces engins peut être autorisée s'ils remplissent les autres conditions exigées.

A la suite de ses essais, la Commission a émis l'avis que la fabrication des fusées Collombert frères pouvait être autorisée, pourvu que cette fabrication fût aussi soignée que celle des échantillons qui ont été soumis à son examen.

Les stations de tir devraient être mainteuues à quelque distance des habitations; cette distance pourrait être fixée, par exemple, à 300^{m} pour les agglomérations et à 50^{m} pour les habitations isolées.

Des mesures de sécurité, variables suivant les circonstances locales devraient être prises pour éviter les inconvénients que pourrait présenter l'emmagasinage, dans des conditions quelconques et pour une durée illimitée, de fusées contenant des explosifs amorcés.

La Commission a fait remarquer, d'autre part, que la 16^{e} Circulaire, modificative au Règlement du 12 novembre 1897, interdit le transport par chemin de fer des fusées munies de détonateurs. Par analogie avec les décisions prises en ce qui concerne les engins de MM. Aulagne et C^{ie}, dans le cas où l'essai des fusées paragrêles de MM. Collombert frères paraîtrait présenter un intérêt d'ordre général suffisant, elle a proposé d'autoriser quelques transports par chemin de fer desdits engins, sous réserve que chaque envoi ne dépasserait pas 100^{kg}.

Enfin, la Commission a regardé comme très désirable que MM. Collombert frères étudient un type de fusée dans lequel le détonateur pourrait n'être introduit qu'au moment de l'emploi. De telles fusées, séparées de leurs détonateurs, pourraient être assimilées, dans les transports par chemin de fer, aux artifices ordinaires déjà classés en première catégorie.

Digitized by Google

RAPPORT N° 206. — *Sur une demande d'autorisation pour la fabrication de trois nouveaux types de dynamite au dinitrotoluol.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 2 mars 1907, le Ministre de la Guerre avait demandé l'avis de la Commission sur une demande de la Société générale pour la fabrication de la dynamite, en vue d'être autorisée à fabriquer, dans ses usines de Paulilles et d'Ablon, trois nouveaux types de dynamite contenant du dinitrotoluol.

Dans un premier Rapport, n° 187 du 14 novembre 1907, la Commission avait proposé d'autoriser, à titre provisoire, la fabrication de quelques milliers de kilogrammes de chacune des dynamites gomme AT, gomme BT et n° 1 gélatinée T, visées dans la demande précitée, et elle avait réservé son avis sur l'autorisation définitive jusqu'après l'achèvement des essais relatifs à l'incongélabilité de ces nouveaux explosifs. En dehors des inconvénients que peut présenter la multiplicité des types autorisés, elle a rappelé que les dynamites sont, au point de vue légal, des explosifs à base de nitroglycérine retenue par un absorbant et qu'elles ne doivent, en principe, utiliser que la puissance de la nitroglycérine, en sorte que l'utilité d'un nouvel absorbant, tel que le dinitrotoluène, doit être justifiée avant que l'autorisation définitive de fabrication puisse être accordée.

Le principal inconvénient à craindre de l'introduction du dinitrotoluène semblait être la diminution de sensibilité.

L'étude complémentaire de la Commission a été divisée en trois parties, savoir :

1° Épreuves de chaleur et d'humidité;
2° Épreuves de gel ;
3° Sensibilité à l'amorce de fulminate.

Les échantillons reçus par la Commission ont été fabriqués, en 1907, à Ablon et à Paulilles; ils comprenaient quatre spécimens de fabrication des trois types de dynamite proposés. Tous ces échantillons ont été comparés avec une dynamite gomme d'Ablon, fabriquée en 1902.

Digitized by Google

Ces échantillons se sont généralement bien comportés aux épreuves de chaleur et d'humidité; seul, un échantillon de gomme BT d'Ablon a résisté médiocrement à la chaleur.

Des essais pratiques de gel ont montré que les dynamites au dinitrotoluol sont notablement moins sensibles aux effets de la gelée que la plupart des dynamites actuellement fabriquées.

Mais, les essais de sensibilité à l'amorce de fulminate ont montré que l'addition de dinitrotoluol diminue l'aptitude à la détonation et que cet inconvénient est assez sensible pour quelques-uns des échantillons expérimentés.

La Commission a émis l'avis que la fabrication des dynamites au dinitrotoluol, dénommées gomme AT, gomme BT et n° 1 gélatinée T, peut être autorisée.

Toutefois, elle a reconnu qu'il y aurait intérêt à améliorer la sensibilité à l'amorce de quelques-uns des échantillons présentés, en particulier de la gomme AT d'Ablon; les résultats obtenus avec la gomme AT de Paulilles ont montré que ce résultat pouvait être obtenu.

RAPPORTS N^os 207 et 209. — *Sur l'étude de nouvelles formules d'explosifs du type* N.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 30 novembre 1907, le Ministre de la Guerre informait la Commission qu'il avait donné satisfaction à une demande formée par la Société française des Poudres de sûreté, tendant à faire fabriquer, par la Poudrerie d'Esquerdes, 5000kg de chacune des poudres N n° 1 *a* et N n° 1 *b*, modifiées par substitution d'une certaine quantité de trinitrotoluol aux naphtalines nitrées, sous la réserve que la mise en vente définitive des nouvelles formules ne pourrait être autorisée qu'après avis de la Commission des substances explosives.

La Société demandait la mise en fabrication régulière de trois nouvelles formules du type N. Le Ministre a soumis cette demande à la Commission en lui demandant de faire connaître son avis. Dans le cas où la Commission estimerait que les nouvelles formules présentent des avantages de nature à justifier leur fabrication par l'État, la Commission était, en outre, invitée à faire sa-

Digitized by Google

voir, en vue de la fixation de l'impôt, quelles étaient les forces de ces nouveaux explosifs comparés aux poudres anciennes du type **N**.

Par sa lettre du 11 avril 1907, la Société demandait la fabrication de 5000^{kg} de chacune des poudres N n° 1*a* et N n° 1*b* modifiées de la façon suivante :

Poudre N n° 1*a* modifiée.	Nitrate d'ammoniaque.	94,25	pour 100
	Trinitrotoluol.....	3,50	
	Trinitronaphtaline....	2,25	
Poudre N n° 1*b* modifiée.	Nitrate d'ammoniaque.	89,75	pour 100
	Trinitrotoluol.....	6,00	
	Binitronaphtaline.....	4,25	

L'incorporation du trinitrotoluol était faite en vue d'augmenter à la fois la puissance et la sensibilité des grisounites Favier, sans augmenter leur température de détonation.

Par une lettre du 18 novembre 1907, comme suite aux essais satisfaisants effectués sur les échantillons de poudres visés par la demande précédente, la Société demandait la mise en fabrication des trois formules suivantes :

I.	Poudre N n° 1*c*.....	93	pour 100
	Limaille de zinc (sans poussier).....	7	
II.	Nitrate d'ammoniaque.....	89,75	pour 100
	Trinitrotoluol.....	6,00	
	Binitronaphtaline.....	4,25	

L'explosif n° II, dont la température de détonation est de 1843°, était destiné à remplacer la poudre n° 1*b* ancienne.

III.	Nitrate d'ammoniaque.....	94,50	pour 100
	Trinitrotoluol.....	3,50	
	Trinitronaphtaline.....	2,00	

Cette poudre, dont la température de détonation est de 1492°, était destinée à suppléer les poudres 1*a* et 1*a bis*, dans les cas où ces dernières sont trouvées trop lentes.

Il y a lieu de remarquer que la composition de cette dernière poudre ne diffère de celle de la demande du 11 avril 1907, que par la substitution de 0,25 pour 100 de nitrate d'ammoniaque à une égale quantité de trinitronaphtaline.

Le Rapport n° 207 a visé uniquement les explosifs II et III, gri-

Digitized by Google

sounite roche et grisounite couche modifiées par l'incorporation du trinitrotoluol.

L'étude de la Commission a été divisée en sept parties, savoir :

1° Examen des échantillons;
2° Calcul des températures de détonation;
3° Détermination des forces en vase clos;
4° Vitesses de détonation;
5° Sensibilité à l'amorce;
6° Essais en trous de mine;
7° Prix de revient.

La Commission a reçu, pour ses essais, les échantillons suivants :

1° 5^{kg} de grisounite couche ordinaire à 4,5 pour 100 de trinitronaphtaline (N n° 1 *a*);
2° 5^{kg} de grisounite couche à 5 pour 100 de trinitronaphtaline (N n° 1 *a bis*);
3° 10^{kg} de grisounite couche modifiée;
4° 5^{kg} de grisounite roche (N n° 1 *b*);
5° 10^{kg} de grisounite roche modifiée.

Le libellé des étiquettes des cartouches a donné lieu aux observations ci-après :

L'échantillon de grisounite couche modifiée avait la même composition que la poudre N n° 1 *a* modifiée, visée par la lettre du 11 avril 1907, de la Société française; il différait donc de l'explosif dont la fabrication régulière était demandée, mais cette différence étant faible, les essais de puissance et de sensibilités exécutés sur l'échantillon pouvaient être attribués, sans grande erreur, à l'explosif régulièrement préparé.

D'autre part, la température d'explosion calculée, de la grisounite roche modifiée (1880°), différait de celle indiquée dans la demande de la Société (1843°).

Les cartouches étaient réunies en paquets paraffinés de $2^{kg},500$, dont 20 cartouches de 100^{g} et 10 cartouches de 50^{g}.

Les cartouches de grisounite couche avaient trois enveloppes, la seconde était paraffinée.

Digitized by Google

Les cartouches de grisounite-roche n'avaient que deux enveloppes, la première était paraffinée; elles étaient formées d'une partie comprimée et d'une âme pulvérulente.

Les observations de la Commission ont été les suivantes :

L'examen chimique et physique des échantillons a montré que les formules données étaient sensiblement exactes.

Les températures de détonation des deux grisounites modifiées ont été trouvées inférieures aux limites réglementaires, 1500° et 1900°.

La détermination des forces en vase clos a montré que la grisounite couche modifiée possédait la même force que l'ancien type; la grisounite roche modifiée possédait une force légèrement supérieure à celle de la grisounite à 8,5 pour 100.

Les vitesses de détonation des nouveaux types ont été inférieures à celles des anciens et, pour des types comparables, le maximum de vitesse de détonation correspondait sensiblement à la même densité.

Il n'existe pas de différence entre les types anciens et les types modifiés en ce qui concerne l'aptitude à transmettre la détonation à des cartouches voisines, et la distance maxima de transmission a été de 5^{cm} pour les trois grisounites couches et de 10^{cm} pour les deux grisounites roches.

Les essais en trous de mine n'ont pas accusé de différence sensible entre les types anciens et les types modifiés.

En définitive, la Commission a constaté qu'en supposant l'emploi de produits nitrés purs, les températures de détonation des deux grisounites N n° 1*a* et N n° 1*b* modifiées étaient inférieures aux limites fixées par la Circulaire ministérielle du 1er août 1890, et que ces deux explosifs pouvaient être employés dans les mines grisouteuses au même titre que les grisounites anciennes.

En outre, il est résulté des divers essais entrepris par la Commission, qu'abstraction faite d'un léger avantage de la force en faveur de la grisounite roche modifiée, les types nouveaux au trinitrotoluol ne possédaient aucune supériorité de force ou de sensibilité sur les types anciens.

En conséquence, la Commission a émis l'avis que les deux grisounites au trinitrotoluol ne présentaient pas des avantages de nature à justifier leur fabrication par l'État et que la question,

Digitized by Google

presque uniquement d'ordre économique, se ramenait à la comparaison des prix de revient des corps nitrés employés.

L'examen des deux formules de grisounites au trinitrotoluol, ayant fait l'objet du rapport dont l'analyse précède, le Rapport n° 209 a visé exclusivement la troisième formule proposée, qui était la suivante :

Poudre N n° 1 *c*.....	93	pour 100
Limaille de zinc (sans poussier).....	7	

On sait que la poudre N n° 1 *c*, ou poudre Favier n° 1, a la composition suivante :

Nitrate d'ammoniaque.....	88	pour 100
Binitronaphtaline.....	12	

et, bien que l'effet recherché par l'addition de limaille de zinc n'ait pas été explicitement désigné dans le dossier qui lui a été soumis, la Commission a pensé que cet effet paraissait être une augmentation de la sensibilité des explosifs au nitrate d'ammoniaque.

Les échantillons reçus par la Commission comprenaient :

1° 5^{kg} de poudre Favier n° 1, ordinaire (N 1 *c*):
2° 10^{kg} de poudre Favier n° 1, modifiée.

Les cartouches étaient réunies en paquets paraffinés de 2^{kg},500, dont 20 cartouches de 100^{g} et 10 cartouches de 50^{g}. Elles avaient deux enveloppes, dont la première était paraffinée, et comprenaient une partie comprimée et une âme pulvérulente.

Ces échantillons ont été soumis aux mêmes examens et essais que ceux qui ont fait l'objet du Rapport précédent et ont donné lieu aux conclusions suivantes :

La force de l'explosif composé de 93 parties de poudre N n° 1 *c* et de 7 parties de limaille de zinc est inférieure d'au moins 7 pour 100 à celle de la poudre N n° 1 *c* et la même infériorité subsiste au point de vue du rendement en trous de mine.

A force égale ou à rendement égal, son prix de revient est désavantageux.

Les cartouches du nouvel explosif ne transmettent pas mieux la détonation que celles de l'ancien type. Le seul avantage constaté

Digitized by Google

est une légère augmentation de la densité maxima compatible avec une bonne détonation des cartouches, mais cette amélioration ne compense pas la diminution corrélative de puissance explosive.

Enfin, en ce qui concerne sa fabrication et sa conservation, aucune supériorité n'a paru pouvoir être invoquée en faveur du nouveau type et l'on n'a pu que faire des réserves au sujet de sa conservation en atmosphère humide.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il n'y avait pas intérêt pour l'État à entreprendre la fabrication du nouveau type d'explosif.

RAPPORT N° 208. — *Sur le trempage en poudrerie de l'explosif* O *n°* 3 *ou* Prométhée comprimé.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

En communiquant à la Commission, par dépêche du 7 mai 1908, deux lettres par lesquelles M. Larrüe demandait que le trempage de l'explosif O n° 3 ou *Prométhée comprimé* puisse être effectué en Poudrerie, le Ministre de la Guerre demandait si le Prométhée, trempé sous forme comprimée, présentait, au point de vue de la préparation, de la conservation et de l'emploi, des garanties suffisantes, comparables à celles des explosifs O dits *cheddites*, fabriqués actuellement par l'État.

Dans une lettre du 23 octobre 1908, adressée au Directeur de la Poudrerie de Sevran, M. Larrüe a énuméré les raisons qui l'ont conduit à formuler sa demande, bien qu'elle eût pour conséquence l'abandon des garanties exceptionnelles de sécurité visées dans le Rapport n° 134 de la Commission.

La composition de l'explosif O n° 3 diffère de celle du Prométhée étudié par la Commission en 1900 et sa composition est la suivante :

Comburant.	Chlorate ce potasse.....	95	pour 100
	Bioxyde de manganèse.....	5	
Combustible.	Nitrobenzine.....	60	pour 100
	Huile lourde de pétrole....	25	
	Essence de térébenthine....	15	

La Commission a rappelé que l'étude du Prométhée comprimé

Digitized by Google

non trempé et celle du Prométhée granulé, trempé ou non trempé, ont fait précédemment l'objet de ses Rapports n^os^ 134, 199 et 202.

L'examen de la nouvelle question posée par la dépêche ministérielle du 7 mars 1908 a conduit la Commission à faire quelques nouveaux essais, principalement en vue de déterminer la valeur économique du Prométhée.

Ces essais ont porté sur les quatre points suivants :

1° Fabrication;
2° Conservation;
3° Travail;
4° Prix de revient.

Il résulte de ces essais que la fabrication en Poudrerie doit être presque identique à celle qui se fait actuellement au moment de l'emploi et présente des garanties de sécurité suffisantes.

Le Prométhée trempé paraît pouvoir être conservé dans des conditions satisfaisantes. Il serait cependant utile de limiter au strict minimum l'approvisionnement existant en Poudrerie et de conseiller aux consommateurs de n'ouvrir les caisses qu'au moment de l'emploi; enfin, d'utiliser l'explosif dans le semestre qui suit sa fabrication.

Au point de vue des déblais obtenus dans la pierre, le Prométhée et la poudre noire ont donné des résultats analogues, à peu près les $\frac{3}{4}$ de la cheddite ou de la mélinite; en ce qui concerne la fragmentation, le Prométhée s'est rapproché de la cheddite. La poudre noire s'est montrée inférieure et la mélinite a donné une plus forte fragmentation.

En ce qui concerne le prix de revient, la Commission a trouvé que, abstraction faite de la redevance spéciale du brevet, il serait très notablement supérieur à celui de la cheddite.

En résumé, il résulte de l'étude entreprise par la Commission, que le Prométhée comprimé paraît présenter des garanties suffisantes de sécurité et de conservation; toutefois, quelques réserves doivent être faites au sujet de la régularité de sa composition et de la durée de son emmagasinage.

D'autre part, son rendement en trous de mine, dans la terre ou dans la pierre tendre est inférieur à celui de la cheddite O n° 2. Enfin, son prix de revient est notablement supérieur à celui de ce

Digitized by Google

dernier explosif, même si l'on fait abstraction de la redevance spéciale de brevet.

Dès lors, la fabrication du Prométhée ne paraît guère devoir se développer, en dehors des cas où les garanties exceptionnelles de sécurité de l'explosif non trempé sont plus appréciées qu'un bas prix de revient.

En conséquence, la Commission a émis l'avis que l'État n'avait pas intérêt à entreprendre la fabrication du Prométhée comprimé trempé.

RAPPORT N° 210. — *Sur une demande de mise en vente d'un explosif du type N, de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.*

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 4 juillet 1908, le Ministre de la Guerre a soumis à la Commission une demande de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, sollicitant la mise en fabrication régulière d'un nouvel explosif composé de 70 parties de nitrate de soude et 30 parties de trinitronaphtaline.

Dans le cas où cette demande ne soulèverait pas d'objection, la Commission devrait également faire savoir, en vue de la fixation de l'impôt, quelles étaient les forces comparées de cette nouvelle formule et des formules anciennes.

La Commission a reçu, pour ses essais, une caisse contenant 10kg du nouvel explosif, encartouché à Billy-Berclau.

Cet échantillon comprenait quatre paquets paraffinés de 2kg,500 environ. Chaque cartouche possédait trois enveloppes, la seconde seule était paraffinée.

L'étude du nouvel explosif a été divisée comme suit :

1° Examen des échantillons;
2° Sécurité;
3° Calcul des caractéristiques explosives;
4° Détermination de la force en vase clos;
5° Vitesses de détonation;
6° Sensibilité à l'amorce;
7° Essais en trous de mine;
8° Prix de revient.

Digitized by Google

L'examen des échantillons a montré que, dans des cartouches de 11^{cm} de longueur et 30^{mm} environ de diamètre, le poids net de l'explosif, formé d'un mélange de grains et de poussier, contenu dans chaque cartouche était de 86^{g} en moyenne et que la densité de l'explosif était de 1,23. L'humidité de la matière des cartouches, mesurée à 60°, a été trouvée de 0,47 pour 100. Enfin, l'épuisement à l'eau a laissé un résidu de 29,02 pour 100 de trinitronaphtaline.

D'après des renseignements reçus de la Poudrerie d'Esquerdes, la fabrication du nouvel explosif est identiquement semblable à celle des autres types au nitrate de soude et les ingénieurs de cet Établissement estiment qu'une fabrication régulière pourra être entreprise.

Des essais de combustion ont été exécutés par la Commission, desquels il résulte que le nouvel explosif présente une sécurité au moins égale à celle de la poudre Favier n° 1; par conséquent, cette sécurité est suffisante.

Au point de vue de la conservation, aucune réaction chimique n'est à craindre; il y a seulement lieu d'envisager l'hygroscopicité du nitrate de soude, qui nécessite un encartouchage étanche, analogue à celui des explosifs au nitrate d'ammoniaque.

Le calcul des caractéristiques explosives a fait connaître que l'explosif présenté possède une sensibilité à l'amorce un peu insuffisante. En augmentant légèrement le taux de trinitronaphtaline, on peut espérer diminuer cet inconvénient tout en obtenant un avantage économique.

En pratique, l'augmentation du taux de nitronaphtaline devrait dépendre de son degré de nitration et ne pas dépasser la valeur qui correspond à la combustion complète.

On a déterminé la force en vase clos du nouvel explosif aux densités de chargement 0,15, 0,25 et 0,35, et l'on a trouvé $f = 4810$.

On a également mesuré les vitesses de détonation d'après le procédé déjà décrit dans le Rapport n° 188. Enfin, des cartouches ont été amorcées, soit avec des détonateurs de 0^{g},20 à 1^{g},50 de fulminate, soit avec de petites cartouches de mélinite pulvérulente.

Au point de vue de la sensibilité à l'amorce, l'échantillon présenté semble être insuffisant; une légère reprise d'humidité, une

Digitized by Google

compression un peu forte à l'encartouchage, un bourrage un peu trop énergique du trou de mine suffisent pour le rendre inapte à détoner sous l'action de l'amorce de fulminate, mais on peut espérer lui rendre un peu plus de sensibilité en diminuant la densité des cartouches.

Au point de vue du travail produit en trous de mine, le nouvel explosif comparé à la poudre Favier et la mélinite donne, de même que la cheddite, des rendements supérieurs à ceux que font prévoir leurs forces en vase clos. Au contraire, la proportionnalité des forces aux rendements se vérifie pour la cheddite et le nouvel explosif.

L'étude du prix de revient du nouvel explosif a été faite comparativement aux prix de la poudre Favier n° 1 et de la cheddite en tenant compte de leurs forces respectives en vase clos et de leur travail dans la terre. Il en résulte que le nouveau type présente une supériorité économique appréciable sur la poudre Favier et sur la cheddite.

De l'ensemble de l'étude entreprise par la Commission, il résulte que l'explosif proposé présente, aux points de vue de la sécurité et de la conservation, des garanties analogues à celles des poudres du type N au nitrate d'ammoniaque. Sa force est relativement basse, mais son prix de revient lui donne une supériorité économique appréciable sur la poudre Favier (type N n° 1 *c*) et sur la cheddite (type O n° 2). Toutefois, sa faible sensibilité sous l'action des détonateurs généralement employés paraît s'opposer à une utilisation avantageuse dans les exploitations minières.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il n'y avait pas lieu, pour l'État, d'entreprendre actuellement la fabrication de cet explosif.

Elle a estimé, d'ailleurs, que l'amélioration de ses propriétés explosives ne semble pas impossible ; un encartouchage un peu moins dense, une légère augmentation du taux de trinitronaphtaline peuvent, par exemple, être envisagés. Des essais effectués dans les conditions prévues pour l'emploi, sur un échantillon convenablement modifié, paraissent nécessaires pour savoir si l'amélioration recherchée pourrait être réellement obtenue.

Digitized by Google

II. — Revue des travaux effectués pendant l'année.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un nombre considérable d'études qui sont actuellement terminées et sur certaines autres encore en cours d'exécution.

Les études terminées sont comprises dans le Tableau suivant :

NUMÉROS des Études.	NUMÉROS des Rapports établis.	OBSERVATIONS.
151	197	Tous ces Rapports sont analysés plus haut.
167	194 à 203	
187	201	
188	191	
191	190	
202	206	
204	204	
205	193	
206	192	
208	207 à 209	
209	196	
210	199 à 202	
211	195	
212	208	
214	200	
215	205	

Deux autres études ont donné lieu à l'établissement d'un Rapport, mais restent cependant en cours, pour l'exécution d'un programme d'essais approuvé par le Ministre ou pour supplément d'étude sur de nouveaux échantillons.

Ce sont les études n^{os} **207** et **219**, qui ont fait l'objet des Rapports n^{os} **198** et **210** analysés dans le présent compte rendu.

D'autre part, diverses études nouvelles ont été entreprises, d'autres ont été continuées sans qu'elles aient encore abouti à l'établissement d'un Rapport; d'autres, enfin, ont déjà donné lieu à des Rapports qui seront analysés ultérieurement.

Ces études sont les suivantes :

Digitized by Google

ÉTUDE N° 157.

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

Des expériences de tir ont été effectuées aux champs d'Achères et ont eu pour but de soumettre aux essais divers engins qui ont été présentés à l'examen de la Commission. Les procès-verbaux établis ont été classés à cette étude, pour que les résultats obtenus puissent être comparés entre eux. L'Étude reste ouverte et la Commission continuera à y classer les renseignements qui lui parviendront sur le même sujet.

ÉTUDE N° 192.

Examen d'un type de dépôt de dynamite d'une contenance maximum de 25^{kg}.

Cette Étude est actuellement terminée et a donné lieu à l'établissement d'un Rapport qui a été adressé au Ministre.

ÉTUDE N° 213.

Classement des projectiles chargés en schneidérite, au point de vue du transport.

Cette Étude est également terminée et a fait l'objet d'un Rapport qui a été adressé au Ministre et qui sera analysé dans le prochain compte rendu.

ÉTUDE N° 217.

Examen d'une demande d'autorisation pour la fabrication d'un type de dynamite dénommée Cugnite.

Cette Étude est aussi terminée et a donné lieu à un Rapport qui a été adressé au Ministre et sera analysé dans le prochain compte rendu.

Digitized by Google

ÉTUDE N° 222.

Emploi des explosifs dans les exploitations minières.

Il s'agit, dans cette Étude, de l'emploi des Explosifs Favier dans l'exploitation des mines. D'après une Circulaire du Ministre des Travaux Publics en date du 27 juillet 1908, seules les poudres noires, en grains, pouvaient être versées à nu dans les trous de mine à poches, et, sur des réclamations de plusieurs Sociétés d'Explosifs adressées au Ministre, la Commission a été saisie de la question, à laquelle elle a répondu par une lettre qui sera analysée dans le prochain compte rendu.

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION, PENDANT L'ANNÉE 1908.

Au 1er janvier 1908, la Commission des substances explosives était composée comme il est indiqué ci-dessous :

Membres titulaires :

MM.

Mascart, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président;*

Vieille, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président;*

Bertrand, lieutenant-colonel du Génie;

Bruley, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

Hagron, inspecteur général des Poudres et Salpêtres;

Jacob, colonel d'Artillerie coloniale;

Le Chatelier, inspecteur général des Mines;

Liouville, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire.*

Digitized by Google

Membres adjoints :

MM.

Chesneau, ingénieur en chef des Mines;
Dautriche, ingénieur des Poudres et Salpêtres
Fleuri, capitaine du Génie;
Gossot, général d'Artillerie coloniale;
Lepidi, chef d'escadron d'Artillerie;
Lheure, ingénieur des Poudres et Salpêtres;
Nicolardot, capitaine d'Artillerie;
Palatre, chef d'escadron d'Artillerie coloniale;
Triger, capitaine d'Artillerie;
Vallier, lieutenant-colonel d'Artillerie.

Membres adjoints pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines :

MM.

Baudoin-Bugnet, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce;

Lodin, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant aux tirs contre la grêle :

MM.

Angot, professeur à l'Institut agronomique;

Dabat, directeur au Ministère de l'Agriculture;

Violle, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses :

MM.

Audoin (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris;

Digitized by Google

MM.

Bordes (Ad.), armateur;

Brally, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis;

Estier (H.), armateur;

Giraud, administrateur adjoint de la Société générale des Transports maritimes;

Lebon (A.), président du Comité central des armateurs;

Roux (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

M. le lieutenant-colonel Vallier, membre adjoint de la Commission des substances explosives, admis à la retraite en 1908, n'a pas été remplacé.

Par décision ministérielle du 10 janvier 1908, M. Grüner, vice-président du Comité des Houillères de France, et M. Taffanel, ingénieur des Mines, ont été nommés membres adjoints de la Commission, pour les questions relatives à l'exploitation minière.

Par décision ministérielle du 21 janvier 1908, M. le chef d'escadron Picat, chef du Service des poudres, munitions, artifices et explosifs, à la Section technique de l'Artillerie, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le commandant Lepidi, appelé à d'autres fonctions.

Par décision ministérielle du 1er mai 1908, M. Galy-Aché, chef d'escadron d'Artillerie coloniale, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le chef d'escadron Palâtre, changé d'affectation.

Par décret du 9 novembre 1908, M. Haller, membre de l'Institut, a été nommé président de la Commission des Substances explosives, en remplacement de M. Mascart, décédé.

Enfin, par décision ministérielle du 16 novembre 1908, M. le général Lucas, président de la Commission de réception des poudres de guerre, a été nommé membre titulaire de la Commission, en remplacement de M. le général de division Naquet-Laroque, admis dans la deuxième section du cadre de l'État-Major général de l'Armée.

En conséquence, l'état de la Commission, au 31 décembre 1908, est le suivant :

Digitized by Google

Membres titulaires :

MM.

HALLER, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président;*

VIEILLE, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président;*

BERTRAND, lieutenant-colonel du Génie;

BRULEY, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

HAGRON, inspecteur général des Poudres et Salpêtres;

JACOB, colonel d'Artillerie coloniale;

LE CHATELIER, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut;

LUCAS, général d'Artillerie, président de la Commission de réception des Poudres de guerre;

LIOUVILLE, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire.*

Membres adjoints :

MM.

CHESNEAU, ingénieur en chef des Mines;

DAUTRICHE, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

FLEURI, capitaine du Génie;

GALY-ACHÉ, chef d'escadron d'Artillerie coloniale;

GOSSOT, général d'Artillerie coloniale;

LHEURE, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

NICOLARDOT, capitaine d'Artillerie;

PICAT, chef d'escadron d'Artillerie;

TRIGER, capitaine d'Artillerie.

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

GRÜNER, vice-président du Comité des houillères de France;

TAFFANEL, ingénieur des Mines.

Membres adjoints temporairement pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines :

MM.

BAUDOUIN-BUGNET, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce;

Digitized by Google

LODIN, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant aux tirs contre la grêle :

MM.

ANGOT, professeur à l'Institut agronomique;
DABAT, directeur au Ministère de l'Agriculture;
VIOLLE, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses.

MM.

AUDOIN (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris;
BORDES (Ad.), armateur;
BRALLY, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis;
ESTIER (H.), armateur;
GIRAUD, administrateur-adjoint de la Société générale des Transports maritimes;
LEBON (A.), président du Comité central des armateurs;
ROUX (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

Paris, le 13 Mai 1909,

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Vu :
Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

NOTE

SUR DES

ESSAIS D'EXTINCTION D'ALCOOL ENFLAMMÉ,

PAR

M. OLIÉ,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

Des essais effectués à la raffinerie de Bordeaux, par M. l'ingénieur en chef Loiseau, ont montré qu'il est possible d'éteindre de l'alcool enflammé dans un fût, par une injection de vapeur d'eau.

La généralisation de ce résultat ayant un grand intérêt pratique, ces essais, amplifiés, ont été repris à Saint-Chamas, dans une baraque métallique établie sur l'étang de Berre (voir *fig.* 1 et 2), dans laquelle une conduite permettait de distribuer par un certain nombre d'orifices 650^{kg} de vapeur à l'heure, la pression aux chaudières étant de 5^{kg} effectifs.

Ils comprennent trois séries.

Dans la *première série,* on a reproduit en quelque sorte les essais de Bordeaux; on a opéré sur 1^{l}, 2^{l} et 5^{l} d'alcool à 96°, et l'on a envoyé la vapeur dans la baraque hermétiquement close pendant 5 minutes après l'inflammation ; dans chaque essai l'extinction a été complète.

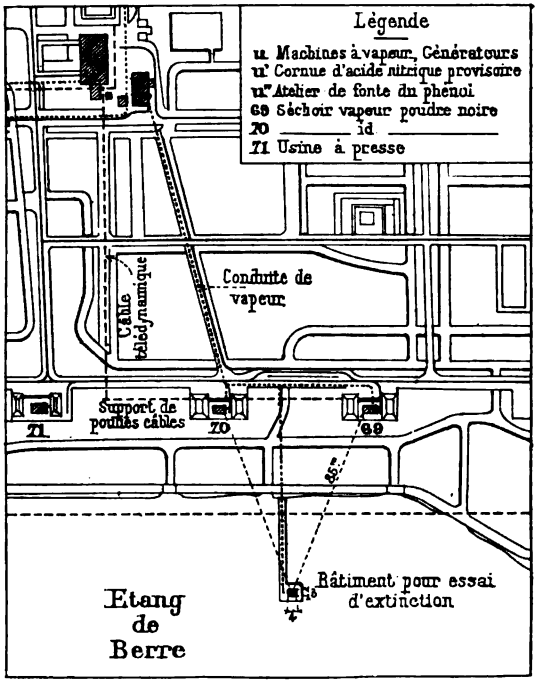
Dans la *deuxième série,* on a opéré successivement sur 10^{l}, 20^{l}, 30^{l} et 40^{l} d'alcool à 95°-96°, disposés dans des plateaux en fer-blanc, avec une surface totale offerte à la flamme de 0$^{m^2}$,70, 1$^{m^2}$,40, 2$^{m^2}$,10, 2$^{m^2}$,80. Pour les trois premiers essais, l'extinction a été obtenue respectivement au bout de 2 minutes, de 30 secondes et de 25 secondes après l'envoi de la vapeur; pour le quatrième, elle s'est produite dès son arrivée. Ce dernier fait ne peut

Digitized by Google

s'expliquer que par une insuffisance d'oxygène dans la baraque, dont toutes les ouvertures étaient fermées comme dans les essais précédents, et dont on avait même remplacé les vitres brisées par des feuilles de tôle lutées.

A la suite de ce résultat, on a été conduit, dans la *troisième*

Fig. 1.



série, à ménager des rentrées d'air ; à cet effet, on a enlevé sur chaque fenêtre un certain nombre de vitres ; on a même disposé sur la toiture, pour avoir un véritable tirage, trois petites cheminées de $0^m,30$ de hauteur et de $0^m,12$ de diamètre, avec papillon permettant de les fermer. On a opéré sur des quantités d'alcool qui ont varié de 30^l à 360^l, de 87° à 96°, avec une surface libre de $2^{m^2},10$ à 8^{m^2}. L'extinction a toujours été obtenue 4 minutes au maximum après l'envoi de la vapeur, bien que dans plusieurs cas la combustion ait été activée par un vent très violent.

Les conditions dans lesquelles ont été réalisés les quatre der-

Digitized by Google

niers essais de cette série, en raison de leur importance, sont résumés ci-après :

NUMÉRO de l'essai.	ALCOOL EMPLOYÉ.	SURFACE libre totale de l'alcool.	OUVERTURES.	TEMPS au bout duquel l'extinction a été complète après l'envoi de la vapeur.	OBSERVATIONS.
1	180 litres à 96°,1	7^{m^2}	Demi-fenêtre et une cheminée ouvertes.	2 minutes. 45 secondes.	La combustion a été fortement activée par le vent.
2	150 litres à 93° 150 litres à 87°,2	$5^{m^2},60$ $0^{m^2},50$ $6^{m^2},10$	Id.	3 minutes. 40 secondes.	
3	On opère avec l'alcool restant de l'essai n° 2, après avoir ajouté 50 litres d'alcool à 96° à celui qui marquait 87°,2.	$6^{m^2},10$	Id.	3 minutes. 40 secondes.	
4	110 litres à 92° 250 litres à 85°,5	6^{m^2} $0^{m^2},50$ $6^{m^2},50$	Demi-fenêtre et deux cheminées ouvertes.	3 minutes.	Id. On a laissé brûler l'alcool pendant 4 minutes avant d'envoyer la vapeur.

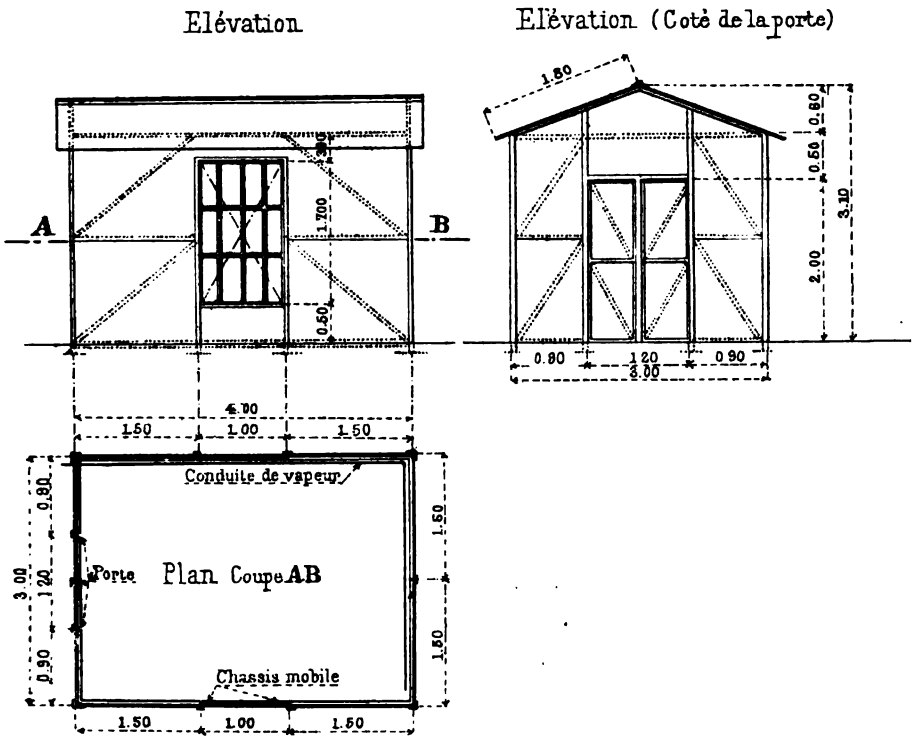
Ces différents résultats montrent d'une manière incontestable que par de la vapeur d'eau on peut éteindre de l'alcool enflammé dans un magasin, même dans des conditions très défavorables, lorsque sa combustion est activée, par exemple, par des afflux d'air extérieur.

La quantité de vapeur nécessaire à cette extinction est relativement faible : dans les essais précédents, l'extinction s'est produite en 4 minutes, avec une dépense maximum de 40^{kg} à 50^{kg} de vapeur à 5^{kg} correspondant sensiblement à la moitié environ du poids de vapeur qui occuperait à cette même pression la capacité du bâtiment, et, il ne paraît pas exagéré d'en conclure qu'on éteindra de l'alcool enflammé dans un magasin de capacité V en y envoyant, en moins de 4 minutes, une quantité $\frac{V}{2}$ de vapeur à 5^{kg}.

Digitized by Google

Il convient de signaler, et cela est la conséquence de la deuxième série d'essais, qu'il y a intérêt à loger les réservoirs à alcool dans

Fig. 2.



Bâtiment métallique pour essais d'alcool enflammé.
Échelle de $0^{m},015$ p. mètre.

des bâtiments relativement étanches, en se réservant la possibilité de fermer rapidement de l'extérieur, en cas d'incendie, les différentes ouvertures destinées à l'éclairage et à la ventilation.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT

SUR LE

FONCTIONNEMENT DES EXPLOSIFS

POUR MINES GRISOUTEUSES ET POUSSIÉREUSES.

Par dépêche n° 6931 du 21 août 1907, M. le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur une demande de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer de nouveaux types de dynamite dénommés *carbonite-grisoutine* A et *carbonite-grisoutine* B. Dans son Rapport n° 193 du 13 février 1908, la Commission a estimé que, dans l'état actuel de la réglementation, l'emploi de ces explosifs ne pouvait pas être autorisé dans les mines grisouteuses.

La réglementation actuelle est, en effet, basée sur les conclusions adoptées par la Commission dans ses Rapports des 5 juillet et 8 novembre 1888. Les études entreprises à cette époque ont fait ressortir, d'une part, l'influence prépondérante de la température de détonation et, d'autre part, les dangers qui peuvent résulter de l'emploi d'explosifs à combustion incomplète, par suite de la combustion de leurs produits dans l'atmosphère environnante. La Commission a également étudié l'action des sels hydratés ajoutés aux explosifs ; elle a constaté que ces corps ne sont décomposés

Digitized by Google

que très partiellement par la détonation et que leur effet est par là même incertain.

La Circulaire ministérielle du 1er août 1890 (Travaux publics) a interdit l'emploi, dans les mines grisouteuses et poussiéreuses, des explosifs dont les produits de détonation contiennent des éléments combustibles tels que hydrogène, oxyde de carbone, carbone solide, et elle a limité la température de détonation à 1900° pour les explosifs employés au travail du percement du rocher et à 1500° pour ceux qui sont employés dans les travaux en couche.

Les carbonites-grisoutines sont des explosifs à combustion incomplète, dégageant 60 pour 100 environ de gaz combustibles; leur emploi ne peut donc pas être autorisé dans les mines grisouteuses. Toutefois, dans son Rapport précité, la Commission a fait observer que l'emploi fait, à l'Étranger, des explosifs de ce type montre que le danger d'inflammation de leurs produits de détonation est douteux et qu'il serait intéressant de connaître les circonstances dans lesquelles l'hydrogène et l'oxyde de carbone dégagés par les explosifs à combustion incomplète brûlent dans l'atmosphère environnante.

Ces circonstances paraissent actuellement précisées. Dans sa séance du 12 mars dernier, la Commission a, en effet, reçu communication de résultats d'expériences mettant en évidence l'action particulière des sels alcalins à base fixe sur la combustion des gaz et des poussières combustibles (1). Elle a estimé que ces résultats étaient de nature à faire modifier la réglementation actuelle sur l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses dont l'étude lui a été demandée par dépêche n° 7465 du 6 décembre 1899, et elle a décidé d'exposer la question dans un Rapport qui pourrait être transmis à l'Administration des Travaux publics.

Le Rapport est divisé en deux parties :

I. Addition de sels alcalins pour empêcher la combustion des produits de détonation des explosifs à combustion incomplète;

(1) Note de M. Dautriche, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVI, p. 535.

Digitized by Google

II. Addition de sels alcalins pour augmenter la sécurité des explosifs en présence du grisou.

Une Note annexée au Rapport fait connaître la composition des explosifs expérimentés.

I. — ADDITION DES SELS ALCALINS POUR EMPÊCHER LA COMBUSTION DES PRODUITS DE DÉTONATION DES EXPLOSIFS A COMBUSTION INCOMPLÈTE.

On a employé le procédé d'observation décrit dans le Rapport du 5 juillet 1888. On fait détoner 50^{g} d'explosif dans une chaudière close de 10^{m^3}; de la pression obtenue, corrigée du refroidissement, on déduit la quantité de chaleur dégagée, connaissant le volume, la chaleur spécifique et le coefficient de dilatation de l'air contenu dans la chaudière. Pour la chaudière utilisée à Sévran en 1888 et en 1908, on a la relation

$$Q = 58,4 \times P,$$

où Q désigne la quantité de chaleur dégagée par la détonation de la cartouche et P la surpression, en mètres d'eau, produite par cette détonation. La comparaison des quantités de chaleur dégagées, théoriques et expérimentales, permet de déterminer la proportion d'éléments combustibles (H^2, CO, C) qui ont brûlé à l'air après la détonation.

On a pu étudier ainsi l'action de différentes matières ajoutées aux explosifs sur la combustibilité des produits de la détonation.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus du 8 au 27 février 1908; les chiffres indiqués se rapportent à 200^{g} d'explosif:

La Commission avait trouvé, en 1888, que les produits de détonation du coton-poudre décanitrique ne s'enflammaient pas à l'air, ce qui est en contradiction avec les résultats précédents. Mais il faut remarquer qu'en 1888 ce coton poudre contenait 2 à 4 pour 100 de carbonate de soude ajouté pendant la fabrication.

Les chaleurs dégagées par le coton-poudre décanitrique (184^{cal}) et le coton-poudre ennéanitrique (164^{cal}) sont inférieures aux évaluations théoriques (242^{cal} et 252^{cal}); ces différences sont probablement dues aux impuretés salines que renferment les produits industriels.

Digitized by Google

DÉSIGNATION DE L'EXPLOSIF.	CHALEUR trouvée.	CHALEUR CALCULÉE.
a. Coton-poudre décanitrique.		
Seul	181 cal	
A 0,5 p. 100 de CO^3NaH	146	Le coton-poudre décanitrique dégage : Par détonation seule : 96cal environ ; Par détonation avec combustion totale par l'oxygène de l'air : 242cal environ ; Par détonation avec combustion de H^2 : 153cal.
A 1 p. 100 id.	88	
A 2 p. 100 id.	89	
A 2 p. 100 de NO^3K	88	
A 3 p. 100 de SO^4K^2	79	
A 2 p. 100 de CO^3Ca	152	
A 4 p. 100 de CO^3Mg	152	
A 10 p. 100 id.	140	
A 3 p. 100 de N^2O^6Pb	140	
A 3 p. 100 de verre pilé	150	
A 6 p. 100 id.	140	
b. Coton-poudre ennéanitrique.		
Seul	164 cal	Ce coton-poudre dégage : Par détonation : 85cal environ ; Par détonation avec combustion totale : 252cal environ.
A 10 p. 100 de CO^3NaH	61	
c. Trinitrotoluène.		
Seul	> 250 cal	Le trinitrotoluène dégage : Par détonation : 66cal environ ; Par détonation avec combustion totale : 354cal environ ; Par détonation avec combustion de H^2 et C : 190cal.
A 2 p. 100 de NO^3K	117	
A 3 p. 100 id.	96	
A 4 p. 100 id.	82	
A 5 p. 100 id.	66	
A 10 p. 100 id.	66	
A 6 p. 100 de N^2O^6Ba	187	
A 10 p. 100 id.	175	
d. Carbonite.		
Carbite d'Ablon	38 cal	2 essais concordants.

L'ensemble des résultats obtenus montre que, pour éviter la combustion des produits de détonation des explosifs à combustion incomplète, il suffit de les surdoser avec de petites quantités de sels de potasse ou de soude, et une proportion de 5 pour 100 de sel alcalin paraît suffisante pour la plupart des cas. La question se pose donc de savoir si la Circulaire ministérielle du 1er août 1890

Digitized by Google

(Travaux publics), qui défend l'emploi de ces explosifs, ne doit pas être modifiée.

Les autres matières ajoutées, et en particulier les sels alcalino-terreux, n'ont qu'une action restreinte sur la combustion des produits ; d'après les chaleurs dégagées, ils paraissent seulement s'opposer à la combustion de l'oxyde de carbone.

II. — Addition des sels alcalins pour augmenter la sécurité des explosifs en présence du grisou.

Il résulte des essais précédents que les sels de potasse et de soude s'opposent à la combustion des éléments combustibles dégagés par les explosifs. Il était intéressant de rechercher si les mêmes sels s'opposent également à la combustion des mélanges combustibles qui préexistent dans le voisinage des cartouches (grisou et poussières de houille).

On a fait quelques essais d'inflammation de mélange d'air et de gaz d'éclairage à 10-11 pour 100 de gaz dans la chaudière de 10^{m^3}. Les explosifs étaient tassés à la main dans des enveloppes en papier de 26^{mm} de diamètre et amorcés avec des détonateurs électriques de $1^g,50$ de fulminate.

Ces essais montrent qu'on augmente la sécurité des explosifs par l'addition de sels de potasse ou de soude.

La série *b* est particulièrement intéressante. Le calcul montre, en effet, que la substitution d'une petite quantité de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque est presque sans influence sur les températures de détonation. L'addition de salpêtre a donc produit, au point de vue de la sécurité, le même effet qu'un abaissement de température de 300°.

Ces résultats permettent d'expliquer certaines anomalies rencontrées par la Commission en 1888. On sait que la température de détonation du coton-poudre de guerre, calculée d'après les chaleurs spécifiques de MM. Mallard et Le Châtelier, est voisine de 2450°, la température apparente d'inflammation des mélanges grisouteux étant de 2200°. Or, en 1888, cet explosif n'a allumé qu'une fois le grisou sur trois expériences. Ce résultat est attribuable à l'action du carbonate de soude que renfermait autrefois le coton-poudre pour pétards.

Digitized by Google

COMPOSITION DE L'EXPLOSIF.	POIDS de la cartouche.	RÉSULTAT.	OBSERVATIONS.
a. Mélanges de coton-poudre décanitrique et d'azotate d'ammoniaque.			
30 + 70	50,0	I	I. Inflammation.
30 + 70 + 3 de CO^3HNa	51,5	N	N. Pas d'inflammation.
b. Mélanges de trinitrotoluène et d'azotate d'ammoniaque.			
20 + 80	50,0	I	$t = 2190°$.
18 + 82	50,0	I	$t = 2120°$.
16 + 84	50,0	I	$t = 2040°$.
14 + 86	50,0	I	$t = 1940°$.
12 + 88	50,0	N	$t = 1840°$.
22 + 75 + 3 de NO^3K	50,0	I	
20 + 77 + 3 id.	50,0	N	2 essais concordants.
14 + 83 + 3 id.	175,0	I	
14 + 83 + 3 id.	100,0	I	
14 + 80 + 6 id.	100,0	N	
18 + 78 + 4 de N^2O^6Ba	50,0	I	
c. Mélanges de trinitrotoluène et de bicarbonate de soude.			
Trinitrotoluène à 3% de CO^3HNa	51,5	I	
Trinitrotoluène à 6% id.	50,0	I	
Trinitrotoluène à 10% id.	50,0	N	En tube de cuivre de 20^{mm}-22^{mm}.

De même, les résultats anormaux donnés par la poudre pyroxylée du Moulin-Blanc, qui n'a jamais allumé le grisou, alors que des mélanges analogues de coton-poudre et d'azotate de baryte l'allumaient toujours, paraissent attribuables à l'action du salpêtre (6 pour 100) qui entrait dans la composition de cette poudre.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

L'introduction de petites quantités de sels de potasse ou de soude dans la composition des explosifs à combustion incomplète suffit pour empêcher la combustion des produits de détonation. Une proportion de 5 pour 100 de sel alcalin paraît suffisante pour tous les cas.

Digitized by Google

L'addition de sels alcalins paraît également devoir être faite pour augmenter la sécurité des explosifs à combustion complète ou incomplète. L'avantage ainsi obtenu semble équivaloir à un abaissement de température de 300°. A sécurité égale, l'addition de sel alcalin permettrait d'obtenir des explosifs plus puissants et plus sensibles.

Comme répercussion sur la réglementation des explosifs à employer dans les mines grisouteuses, la Commission a été conduite à envisager les deux points suivants :

1° La révision de la Circulaire du 1er août 1890 (Travaux publics), en vue de permettre l'emploi d'explosifs à combustion incomplète, additionnés d'une quantité suffisante de sels alcalins pour éviter à coup sûr l'inflammation, au contact de l'air, des produits de la détonation.

2° L'appréciation de la sûreté relative des explosifs d'après la température de détonation calculée suivant les règles de la Circulaire de 1890. Cette température paraît bien jouer le rôle prépondérant dans la sécurité, mais il y a lieu de considérer un élément nouveau, la présence de sels alcalins produisant le même effet que l'abaissement de température. Comme cet effet ne paraît pas pouvoir être évalué numériquement d'une façon certaine, on serait peut-être conduit à attribuer au classement empirique par les charges limites une valeur de critérium supérieure à la règle actuellement suivie en France.

L'examen de ces points concernant plus spécialement l'Administration des Travaux publics et, en particulier, la Commission permanente des études scientifiques sur le grisou et les explosifs de sûreté, la Commission propose de renvoyer le présent Rapport à l'examen de M. le Ministre des Travaux publics.

Paris, le 16 avril 1908.

Le Rapporteur,
DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des Substances explosives, dans sa séance du 16 avril 1908.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
E. MASCART.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

ANNEXE AU RAPPORT

SUR LE

FONCTIONNEMENT DES EXPLOSIFS

DANS LES MINES GRISOUTEUSES ET POUSSIÉREUSES.

Renseignements sur les explosifs expérimentés.

Cotons nitrés. — On a admis, pour les celluloses endécanitrique et octonitrique, les formules de décomposition suivantes :

Détonation simple :

$$C^{24}H^{29}O^{42}Az^{11} = 12CO^2 + 6H^2O + 12CO + 8,5H^2 + 5,5Az^2;$$
$$C^{24}H^{32}O^{36}Az^8 = 6CO^2 + 6H^2O + 18CO + 10H^2 + 4Az^2.$$

Détonation avec combustion complète des produits :

$$C^{24}H^{29}O^{42}Az^{11} + nO^2 = 24CO^2 + 14,5H^2O + 5,5Az^2;$$
$$C^{24}H^{32}O^{36}Az^8 + nO^2 = 24CO^2 + 16H^2O + 4Az^2.$$

Détonation avec combustion de H^2 *seul :*

$$C^{24}H^{29}O^{42}Az^{11} + nO^2 = 12CO^2 + 14,5H^2O + 12CO + 5,5Az^2;$$
$$C^{24}H^{32}O^{36}Az^8 + nO^2 = 6CO^2 + 16H^2O + 18CO + 4Az^2.$$

Digitized by Google

Dès lors, si l'on admet les chaleurs de formation données par la Circulaire du 29 août 1896 (Travaux publics) (1), on obtient, pour les chaleurs dégagées par 100^{g} d'explosif, les valeurs suivantes :

	Coton endéca-nitrique.	Coton déca-nitrique. (2)	Coton ennéca-nitrique. (2)	Coton octo-nitrique.
1° *En supposant l'eau liquide :*	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.
Détonation simple.....	107	96	85	74
» avec combustion complète.	230	242	252	264
» avec combustion de H^2....	159	153	148	142
2° *En supposant l'eau gazeuse :*				
Détonation simple.....	98	87	77	67
» avec combustion complète.	217	227	237	247
» avec combustion de H^2....	145	138	132	125
3° *Proportion de gaz combustibles dégagés par la détonation simple :*				
Pour 100.....	46	52	58	64

Trinitrotoluène. — On a admis, pour chaleur de formation de ce corps, 29^{cal},3 pour une molécule de 227^{g}, et l'on a calculé les chaleurs dégagées d'après trois hypothèses sur la formule de décomposition.

Détonation simple :

$$(a) \qquad 2C^7H^5Az^3O^6 = 12CO + 2C + 5H^2 + 3Az^2;$$

$$(b) \qquad = 11CO + 3C + H^2O + 4H^2 + 3Az^2;$$

$$(c) \qquad = 10CO + CO^2 + 3C + 5H^2 + 3Az^2.$$

Détonation avec combustion complète des produits :

$$2C^7H^5Az^3O^6 + nO^2 = 14CO^2 + 5H^2O + 3Az^2.$$

(1) *Voir* SARRAU, *Introduction à la théorie des explosifs.*

(2) Valeurs obtenues par interpolation.

Digitized by Google

Détonation par combustion de H^2 *et* C :

$$(a) \quad 2C^7H^5Az^3O^6 + nO^2 = 12CO + 2CO^2 + 5H^2O + 3Az^2;$$
$$(b) \quad = 11CO + 3CO^2 + 5H^2O + 3Az^2;$$
$$(c) \quad = 10CO + 4CO^2 + 5H^2O + 3Az^2.$$

On obtient aussi, pour les chaleurs dégagées, les valeurs suivantes :

	Formule (*a*).	Formule (*b*).	Formule (*c*).
1° *En supposant l'eau liquide :*	Cal.	Cal.	Cal.
Détonation simple	56	66	66
» avec combustion complète	354	354	354
» » de H^2 et C	173	188	204
» » de H^2	132	127	142
» » de C	97	128	128
2° *En supposant l'eau gazeuse :*			
Détonation simple	56	63	66
» avec combustion complète	342	342	342
» » de H^2 et C	161	176	192

Carbonite. — La composition de la carbite d'Ablon est la suivante :

Nitroglycérine	25
Nitrate de potasse	34
Farine de blé	38,5
Nitrate de baryte	1
Farine d'écorce	1
Carbonate de soude	0,5
Total	100 »

D'après M. Heise (1), cet explosif dégagerait 63^{Cal} par 100^g et sa température de détonation serait de 1845°.

D'après M. Bichel (2), il dégagerait 51^{Cal} et sa température de détonation serait de 1561°.

(1) *Voir* la Note de M. Chesneau, secrétaire de la Commission du grisou (*Annales des Mines*, mars 1899).

(2) *Voir* la Note de M. Denoel (*Annales des Mines de Belgique*, t. IX).

Digitized by Google

Poudre pyroxylée du Moulin-Blanc. — Cette poudre avait la composition suivante (Rapport du 5 juillet 1888) :

Cellulose octonitrique	60
Azotate de baryte	30
Salpètre	6
Gélose	3
Paraffine	1
Total	100

Paris, le 16 avril 1908.

Le Rapporteur,
DAUTRICHE.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1909 (1).

(Extraits.)

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1909.

Ce Rapport, établi conformément à l'article 4 du décret constituant la Commission des Substances explosives, comprend :

1. *L'Analyse des Rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1909 ;

2. *La Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année 1909.

Rapport n° 211. — *Sur une demande d'autorisation de fabrication d'un type de dynamite dénommée* Cugnite.

(Étude confiée à la 1re Section ; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 19 mai 1908, le Ministre de la Guerre a demandé à la Commission de lui faire connaître son avis au sujet

(1) *Voir* 1 432 2 573, 3 171, 4 205, 5 68, 6 211, 7 139, 8 60, 9 118, 10 17, 284. 11 47, 220, 12 43, 115, 13 141, 267 et 14 26 et 176 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1908.

Digitized by Google

d'une demande présentée par la Société française des Explosifs, en vue d'être autorisée à fabriquer, à titre définitif, le type de dynamite dénommée *Cugnite* qu'elle était autorisée à fabriquer provisoirement et pour l'exportation.

La *Cugnite* proposée présentait la composition centésimale suivante :

Nitroglycérine	27,0	pour 100.
Coton azotique soluble	0,7	
Nitrate d'ammoniaque	30,0	
Nitrate de soude	30,0	
Cellulose de bois	11,0	
Sulfate de baryte	1,3	

Un échantillon composé de 10 cartouches de cugnite fabriquées par la dynamiterie de Cugny est parvenu à la Poudrerie de Sévran le 15 juillet 1908, pour servir aux expériences de la Commission.

La nouvelle dynamite a été comparée, au point de vue de l'action à la chaleur, à une dynamite-gomme d'Ablon fabriquée en 1902. Les résultats ont montré que la cugnite résiste convenablement à la chaleur. Toutefois, une réaction de la cugnite sur le tournesol a été constatée dans diverses expériences, mais cette réaction paraît attribuable au nitrate d'ammoniaque qu'elle contient, des constatations analogues ayant été faites précédemment, dans l'étude de dynamites au nitrate d'ammoniaque.

Au point de vue de l'action de l'humidité, la cugnite, en cartouches ouvertes ou fermées, a été comparée à une gomme type d'Ablon. Au bout de 22 jours d'exposition dans une caisse à moitié remplie de sciure de bois humide, la cugnite en cartouches fermées était en bon état, mais la matière en cartouches ouvertes était complètement imprégnée d'eau, tandis que la gomme type présentait, à la limite du papier de l'enveloppe, un léger liseré huileux.

La Société française des Explosifs a fait connaître que la cugnite ne différait pas des dynamites autorisées, en ce qui concerne la fabrication et la conservation ; elle s'en distingue surtout au point de vue du prix de revient.

.....

En résumé, la Commission a été d'avis que l'échantillon de cugnite qu'elle a reçu s'est bien comporté aux épreuves de

Digitized by Google

chaleur et d'humidité. D'autre part, l'absorbant de la cugnite étant analogue à celui de plusieurs dynamites déjà autorisées, elle a proposé que la Société française des Explosifs soit autorisée à fabriquer le nouveau type d'explosifs qu'elle a présenté.

RAPPORT n° 212. — *Sur l'étude d'un dépôt de dynamite d'une contenance maximum de* 25^{kg}.

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 30 août 1908, le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission une dépêche de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail, relative à l'étude d'un dépôt de dynamite d'une contenance de 25^{kg}. La Commission était invitée à entreprendre l'étude en question et à en faire connaître les résultats.

La dépêche de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et du Travail faisait connaître les expériences effectuées en Angleterre et en Allemagne sur le même sujet. Elle indiquait qu'il semblait possible, d'après les épreuves allemandes, de créer un type de dépôt de 25^{kg} satisfaisant. Le magasin devait se réduire à une simple niche en béton, analogue à celles qu'on emploie sur certaines lignes de chemin de fer pour abriter les piles électriques en pleine voie, et il y avait d'abord lieu d'étudier le mode de fragmentation du béton en cas de détonation de la dynamite et, suivant les premiers essais, d'étudier ensuite l'emploi d'un remblai en sable ou en terre purgée de pierres au-dessus du dépôt et d'un merlon à chambre de réception, semblable à celui des dynamitières souterraines.

Conformément au programme tracé, l'étude a porté sur la fragmentation d'un dépôt en béton et sur la détermination de la zone dangereuse de ce dépôt recouvert de terre.

La Commission a utilisé comme dépôt les caisses à piles de la Compagnie des chemins de fer du Nord. Les conclusions peuvent être étendues à tout dépôt de volume voisin, présentant la même épaisseur de béton (8^{cm}).

On a employé, soit des caisses en béton ordinaire, soit des caisses en béton armé avec armature en treillis de fer carré de 5^{mm}.

Digitized by Google

L'emploi de l'un ou de l'autre de ces types doit être conseillé suivant l'importance relative attribuée aux risques de vol ou aux projections par explosion. Le premier type se brise facilement sous le choc d'un marteau de 1^{kg}; le second type résiste assez bien à ce choc. D'autre part, l'emploi de ce dernier type augmente l'importance des projections dangereuses en cas d'explosion. Toutefois, pour un dépôt recouvert d'une couche de 1^{m} de terre, les débris de l'armature ne paraissent pas devoir être projetés à plus grande distance que les débris de béton.

Il résulte d'autre part, des essais entrepris par la Commission dans un terrain mis à sa disposition par la dynamiterie de Cugny, que la pulvérisation complète de dépôts en béton ne paraît pas pouvoir être obtenue, en cas d'explosion, du moins dans le cas de la dynamite n° 2.

Il est donc nécessaire, conformément aux hypothèses du programme transmis à la Commission, d'accroître la sécurité par l'emploi d'un remblai en terre et d'un merlon de réception. Le dépôt expérimenté a été figuré par des feuilles de dessin jointes au rapport. Il comporte une protection minimum de 1^{m} de terre et son prix de revient paraît voisin de 200^{fr}. Dans l'explosion d'un tel dépôt, la Commission a été d'avis qu'il faut prévoir des projections importantes jusqu'à 50^{m} et des projections de peu d'importance jusqu'à 75^{m}, et qu'au delà, les dégâts paraissent devoir être nuls ou négligeables.

Rapport n° 213. — *Sur le classement des projectiles chargés en schneidérite, au point de vue du transport.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche.)

.....

Rapports nos 214 et 220. — *Sur une demande de la Compagnie des Chargeurs réunis concernant le transport par mer du carbure de calcium.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Bruley.)

Par dépêche du 21 novembre 1908, le Ministre de la Guerre a saisi la Commission des substances explosives d'une requête

Digitized by Google

adressée par la Compagnie des Chargeurs réunis à M. le Ministre de l'intérieur et tendant à obtenir l'autorisation d'embarquer dorénavant, sur le pont de ses navires desservant le Brésil ou autres lignes et soumis au régime de l'émigration, du carbure de calcium. Le Ministre demandait à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner à cette requête.

Après avoir rappelé l'état de la législation actuelle des transports par mer et l'origine de la question qui lui a été soumise, la Commission a étudié les dangers du carbure de calcium ainsi que les précautions prises à l'étranger pour son transport, et, après un examen approfondi de la question posée, elle a résumé ainsi qu'il suit ses conclusions :

D'une part, le transport des matières dangereuses est, pour les navires à passagers ordinaires, soumis seulement à la déclaration préalable et à l'apposition de marques distinctives, et l'embarquement dans les ports est subordonné à certaines conditions d'emballage ou précautions dans les manipulations ; mais il est formellement interdit à bord des navires à émigrants.

D'autre part, alors que, pour les navires ordinaires, la nomenclature des marchandises dangereuses est bien nettement établie, il n'en est pas de même pour les navires à émigrants. Le carbure de calcium n'est d'ailleurs visé explicitement ni dans l'un, ni dans l'autre cas. Ce n'est pas un corps dangereux, à la condition qu'il s'agisse du produit suffisamment purifié que livre actuellement l'industrie ; il ne peut le devenir qu'en entrant en contact avec de l'eau, qui donne lieu à production d'acétylène. A l'étranger, ce produit est généralement admis à bord des navires recevant des passagers, sous certaines conditions assurant la sécurité. En Italie cependant, où les émigrants sont nombreux, ce produit n'est pas admis à bord des navires d'émigration.

En France, il n'existe guère, à proprement parler, de navires à émigrants, de même qu'il n'y a pas de vapeurs spécialement affectés au transport des marchandises. La plupart sont mixtes et comprennent à la fois passagers, émigrants et marchandises. Il semble donc indispensable de chercher à concilier les intérêts de l'industrie française avec la sécurité du transport des émigrants. Les progrès accomplis depuis 1861, dans les moyens de transport par mer, tendent d'ailleurs à effacer de plus en plus la distinction

Digitized by Google

entre passagers et émigrants et permettent d'arrimer certaines matières dans de meilleures conditions.

Il a donc semblé à la Commission que l'on peut, sans inconvénients, considérer le transport du carbure de calcium, dans certaines conditions, comme sans danger et qu'on peut l'autoriser à bord des navires d'émigrants. Ces conditions sont les suivantes :

1° Garantie de bonne fabrication ;

2° Emballage en solides récipients métalliques bien étanches, protégés par une caisse en bois épais ;

3° Limitation du poids brut de chaque colis ;

4° Arrimage sur le pont seulement, les colis étant protégés soit par des bâches, soit par des abris légers.

Sous ces conditions, la Commission a été d'avis d'accorder à la Compagnie des Chargeurs réunis l'autorisation qu'elle sollicite.

Le Rapport n° 220, établi sur la même question, a eu pour but de répondre à une dépêche du Ministre de la Guerre, en date du 23 août 1909, par laquelle, sur demande de M. le Ministre de l'Intérieur, il priait la Commission de lui faire savoir quel est le maximum du poids brut pour chaque colis qu'il conviendrait d'adopter pour le transport du carbure de calcium sur les navires transportant des émigrants.

En vue de répondre à cette question, la Commission s'est préoccupée de savoir quels sont les emballages actuellement adoptés par les fabricants français de carbure de calcium. Les renseignements recueillis à ce sujet font connaître que ce produit est toujours emballé dans des fûts en tôle, plombée ou galvanisée, à fermeture hermétique, la tôle pouvant être lisse ou ondulée. Ces fûts, de deux grandeurs différentes, 56^{kg} et 75^{kg} poids brut, renferment un poids net de 50^{kg} ou de 70^{kg}. Pour les transports intérieurs, ces fûts ne sont munis d'aucune enveloppe en bois ; mais, pour l'exportation, on les place habituellement dans des caisses à claire-voie, en bois épais, qui les protègent contre les chocs.

A l'étranger, notamment en Allemagne et en Norvège, on emploie, concurremment avec des fûts de 50^{kg}, des fûts d'une contenance de 100^{kg}, pesant brut jusqu'à 135^{kg}.

D'autre part, il résulte des renseignements fournis par la Compagnie des Chargeurs réunis, que les Compagnies de navigation

Digitized by Google

françaises admettent, comme pouvant être jetés à la mer en cas de danger, des colis de 150^{kg} à 200^{kg}, qui sont maniés à bras, sans matériel spécial.

En tenant compte du poids de la caisse en bois imposée pour les transports par mer, on arriverait, pour les emballages adoptés en France, à des poids maxima d'environ 65^{kg} et 90^{kg}, très inférieurs à ceux des colis usités à l'étranger, et il a semblé logique à la Commission de limiter actuellement le poids des colis de carbure de calcium à ce dernier chiffre, en faisant remarquer que si, ultérieurement, les exigences de la lutte contre la concurrence étrangère faisaient apparaître la nécessité d'une limitation plus élevée, il y aurait lieu d'examiner à nouveau la question.

Dans ces conditions, la Commission a été d'avis de proposer le chiffre de 90^{kg} comme limitation du poids brut des colis de carbure de calcium à transporter sur les navires à émigrants.

Rapport n° 216. — *Sur une demande d'autorisation de fabriquer l'explosif steelite.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 14 mai le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'une demande formée par M. Lecocq, à Paris, agissant au nom de M. Everard Steele, demeurant à Chester (Angleterre), à l'effet d'être autorisé à fabriquer et vendre, sous le contrôle de l'État, l'explosif chloraté dénommé *steelite*.

M. le Ministre demandait à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner à la requête de M. Lecocq et l'informait que, dans le cas où l'explosif ne présenterait pas le caractère légal de nouveauté visé par l'article 7 de la loi du 8 mars 1875, elle aurait à rechercher si sa fabrication pouvait être admise dans les établissements de l'État, c'est-à-dire si la steelite satisfait aux conditions indiquées par la dépêche du 4 juin 1902, relative aux explosifs Street.

Le rapport de la Commission a été divisé en 7 parties, savoir :

1° Renseignements généraux sur la steelite (composition, fabrication, signalement des échantillons) ;

2° Sécurité ;

Digitized by Google

3° Détermination des caractéristiques explosives ;
4° Signification des essais de puissance ;
5° Application de la loi du 8 mars 1875 ;
6° Prix de revient ;
7° Résumé et conclusions.

La steelite est un mélange de chlorate de potasse et de résidée, dont les proportions varient avec le numéro de l'explosif.

Toutefois, la Commission n'a reçu que trois échantillons aux dosages ci-après et son étude n'a porté que sur ces trois types, qui sont les suivants :

Steelite n° 3.	Chlorate	75	pour 100.
	Résidée	25	
Steelite n° 5.	Chlorate.....	83,33	pour 100.
	Résidée.....	16,67	
	Aluminium	5,00	
Steelite n° 7.	Chlorate	87,50	pour 100.
	Résidée	12,50	

D'après M. Steele la résidée s'obtient de la façon suivante :

Mélanger intimement 90 pour 100 de colophane et 10 pour 100 de fleur d'amidon bien pulvérisées; ajouter à ce mélange, à froid, l'acide nitrique à 42° B (aucun autre acide n'est employé). Après quelques minutes, la réaction se fait et un corps chimique homogène est formé, lequel corps n'avait jamais été trouvé auparavant.

D'après des renseignements également communiqués, la steelite se fabrique de la façon suivante :

Le chlorate de potasse et la résidée, finement pulvérisés et séchés, sont intimement mélangés dans des tonneaux en bois avec des palettes en bois. Pour de petites quantités, le mélange peut se faire au tamis. Ce mélange est très légèrement mouillé au vaporisateur, avec de l'alcool méthylique ; pendant cette opération, on remue doucement pour éviter une formation de pâte, l'alcool s'élimine d'ailleurs presque immédiatement.

Les échantillons reçus par la Commission comprenaient une caisse de 20^{kg} de chacun des types 3, 5 et 7 ; les explosifs étaient encartouchés dans des enveloppes de papier mince parcheminé, contenant 225^{g} à 250^{g} de matière.

La steelite 5, à l'aluminium a dû être abandonnée au cours des

Digitized by Google

essais; ceux-ci n'ont donc porté, en général, que sur les steelites 3 et 6, comparées aux différents types de cheddites.

Au point de vue de la sécurité, des essais de combustion dans une gouttière métallique ont été effectués en deux séries; la Commission a également effectué deux séries d'essais de chocs et indiqué les conclusions à tirer des résultats obtenus; elle a étudié enfin la sensibilité de ces explosifs à l'action de la chaleur ainsi que les gaz produits par leur détonation.

Pour la détermination des caractéristiques explosives, la Commission a effectué des essais de combustion en vase clos; elle a mesuré les vitesses de détonation, la sensibilité à l'amorce, la compressibilité, l'écrasement et l'évasement de blocs de plomb et le travail dans la terre.

La Commission a déterminé la force des steelites n^{os} 3 et 7 par des essais en vase clos. Elle a comparé ces forces aux déformations de plomb dans les blocs Abel. Pour ces dernières, elle a étudié l'influence de la température, celle du poids de la charge, celle de la vitesse de détonation et de la densité de chargement. Elle a donné un tableau comparatif des effets des explosifs dans le plomb et cherché la signification de cette épreuve. La Commission s'est aussi préoccupée d'étudier le travail dans la terre, l'influence de la densité de l'explosif et celle de la vitesse de détonation sur les effets des explosifs dans ces conditions; elle a cherché la signification de l'épreuve de rendement dans la terre et le moyen d'en déduire une comparaison pratique des explosifs.

Enfin, la Commission a examiné si les dispositions de la loi du 8 mars 1875, relatives à l'emploi de composés chimiques explosifs nouveaux, pouvaient être appliquées aux steelites n^{os} 3 et 7, et, pour terminer, elle a comparé les prix de revient de ces divers explosifs à ceux de la cheddite et de la poudre Favier n^{o} 1 C.

En résumé, il résulte, de l'étude entreprise par la Commission, que l'explosif chloraté dénommé *steelite* ne présente pas le caractère de nouveauté visé par l'article 7 de la loi du 8 mars 1875.

Aux termes de la dépêche ministérielle du 14 mai 1908, la Commission devait rechercher si la fabrication de cet explosif pouvait être admise dans les Établissements de l'État, c'est-à-dire si la steelite présente des garanties suffisantes au point de vue de la préparation, de la conservation et de l'emploi.

Digitized by Google

L'étude des types de steelite nos 3 et 7 a donné lieu aux considérations suivantes :

La sensibilité de la steelite, aux chocs et à l'inflammation, la rend légèrement plus dangereuse à manier que la cheddite ; en outre, sa préparation paraît exiger l'emploi d'appareils mécaniques.

Elle ne peut être encartouchée que sous de faibles densités, nécessitant un élargissement du diamètre des trous de mines, d'environ 15 pour 100, pour pouvoir y loger le même poids sur la même longueur.

Sa faible compressibilité lui assure plus de garanties de détonation complète.

La steelite 3 dégage de fortes quantités d'oxyde de carbone.

Enfin, des essais sommaires semblent montrer qu'elle peut être conservée pendant un temps suffisant, sans donner lieu à des réactions chimiques dangereuses.

D'après l'exposé qui précède, la steelite paraît nettement inférieure à la cheddite. Mais la comparaison serait incomplète si l'on ne tenait pas compte de la valeur économique de l'explosif, déduite de son prix de revient, et qui est, d'ailleurs, une des garanties d'emploi les plus importantes.

En ce qui concerne la steelite n° 7, et la cheddite, cette comparaison est facile : sa force, son rendement dans le plomb et son rendement dans la terre sont respectivement les 0,77, 0,75 et 0,72 de ceux de la cheddite, et, d'autre part, elle contient 26 pour 100 de chlorate en excès. Cet explosif ne présente donc que peu d'intérêt.

Le coefficient de puissance de la steelite 3 varie avec le mode d'épreuve employé ; il est de 1,28 dans la bombe, de 0,96 dans le plomb et de 0,74 dans la terre. Si le coefficient de 1,28 était confirmé par la pratique industrielle, la steelite 3 présenterait sur la cheddite une supériorité économique considérable. Avec le coefficient de 0,96, elle serait inférieure aux cheddites, vu les inconvénients signalés ci-dessus. Enfin, avec le coefficient de 0,74, elle ne présenterait pas le moindre intérêt.

En précisant la signification des divers modes d'épreuves employés, il résulte de l'étude entreprise par la Commission :

1° Qu'au point de vue de l'utilisation pratique, les valeurs

Digitized by Google

comparées de deux explosifs résultent de la comparaison de leurs forces, lorsque ces forces sont à peu près proportionnelles aux potentiels des deux explosifs ; mais il y a doute quand les rapports des forces et des potentiels sont très différents.

2° Qu'on peut, toutefois, estimer *a priori* la valeur pratique des steelites en comparant la force de la steelite 3 à celle de l'explosif N n° 1 C et la force de la steelite 7 à celle de la cheddite O n° 2.

Dès lors, la steelite 3 ne présente plus de supériorité économique sur les explosifs actuellement fabriqués par l'État et il n'y a pas lieu de tenter la mise au point de la fabrication de cet explosif, dont les garanties de sécurité sont inférieures à celles des cheddites.

En conséquence, la Commission a été d'avis :

1° Que la steelite ne présente pas le caractère légal de nouveauté visé par l'article 7 de la loi du 8 mars 1875 ;

2° Qu'il n'y a pas lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication des types 3, 5 et 7 de steelite ;

3° Qu'il y aurait intérêt à entreprendre la comparaison pratique d'explosifs se différenciant notablement par la valeur du rapport $\frac{f}{q}$ de la force au potentiel.

D'autre part, elle a fait observer qu'elle ne s'est pas préoccupée de l'emploi éventuel des steelites dans les mines grisouteuses et poussiéreuses et qu'elle n'a pas étudié de type de steelite sans aluminium se rapprochant, par sa composition, de l'explosif à combustion strictement complète.

RAPPORT n° 217. — *Sur l'étude des fusées paragrêles de M. Berthier.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale ; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 30 avril 1909, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission, pour examen et avis, une demande de M. Berthier, artificier à Monteux (Vaucluse), en vue d'être autorisé à fabriquer des fusées paragrêles avec la poudre dite *cheddite*.

La Commission a porté son étude sur les questions relatives à l'observation du monopole, à la sécurité de la fabrication, du transport et de l'emmagasinage.

Digitized by Google

12 fusées (6 de petit et 6 de grand modèle) ont été reçues de la Maison Berthier; ce fabricant a joint à cet envoi une Note descriptive de ces engins et cette description paraît exacte.

Des épreuves de tir ont été effectuées dans le but de connaître si, dans l'état actuel, la fabrication de ces fusées était suffisamment réglée pour produire des engins fonctionnant régulièrement.

A cet effet, la Commission a essayé les fusées, d'abord avec la charge normale d'éclatement, puis avec la charge maximum que peut contenir un espace vide réservé à cet effet et, enfin, avec une charge très faible de 10g. Dans tous les cas, l'ascension a été régulière et la détonation complète, et celle-ci toujours produite pendant la descente. Pour deux coups tirés avec charge maximum, la détonation a séparé le cartonnage de la baguette et celle-ci est tombée lentement; mais, pour 8 autres coups, on a observé une chute rapide de la baguette et du cartonnage réunis.

Ces essais ont été exécutés aux champs d'Achères, le 6 juillet 1909; ils ont montré que, pour des produits identiques aux échantillons expérimentés, la probabilité d'accident serait faible. Cependant, des accidents pouvant se produire, il serait prudent, au point de vue de la sécurité d'emploi, de fixer une distance minimum entre les stations de tir et les habitations; cette distance pourrait être celle prévue, dans les rapports antérieurs de la Commission, pour les fusées paragrêles chargées en cheddite et contenant une amorce de fulminate. D'autre part, la fabrication des fusées Berthier ne paraît soulever aucune difficulté nouvelle, tant au point de vue de la sécurité de fabrication qu'à celui de l'observation du monopole.

Au point de vue de la sécurité de transport, la Commission a signalé, à plusieurs reprises, l'intérêt que présenterait la création d'un type de fusées paragrêles dans lesquelles le détonateur ne serait introduit qu'au moment de l'emploi. Les fusées Berthier ne satisfont pas à ce *desideratum*, mais elles constituent un perfectionnement très important vis-à-vis des types antérieurs examinés par la Commission.

Enfin, comme conséquence de son étude, la Commission a émis l'avis suivant :

La fabrication des fusées grêlifuges de M. Berthier peut être autorisée, pourvu que cette fabrication soit aussi soignée que celle

Digitized by Google

des échantillons soumis à l'examen de la Commission. Toutefois, il y aurait lieu d'appeler l'attention du pétitionnaire sur le mode de fixation de la baguette, qui paraît pouvoir être amélioré en vue de faciliter la séparation de celle-ci au moment de la détonation et, par suite, d'en ralentir la chute.

Les stations de tir devraient être maintenues à quelque distance des habitations; cette distance pourrait être fixée, par exemple, à 300^{m} pour les agglomérations et à 50^{m} pour les habitations isolées. Des mesures de sécurité, variables suivant les circonstances locales, devraient être prises pour éviter les inconvénients que pourrait présenter l'emmagasinage, dans des conditions quelconques et pour une durée illimitée, de ces fusées paragrêles.

La Commission a fait remarquer, d'autre part, que la 16^{e} circulaire modificative au Règlement du 12 novembre 1897 interdit le transport, par chemin de fer, des fusées munies de détonateurs. Cette interdiction, qui visait principalement les fusées contenant une cartouche d'explosif amorcée au fulminate, pourrait peut-être être levée en faveur des fusées Berthier, à la condition d'adopter un mode d'amorçage décrit dans le présent rapport; mais la Commission estime que cette question devrait être soumise à l'examen de la Commission chargée de l'application du Règlement du 12 novembre 1897, et, en attendant une solution, par analogie avec les décisions relatives aux engins de MM. Aulagne et C^{ie}, dans le cas où l'essai des fusées Berthier paraîtrait présenter un intérêt d'ordre général suffisant, la Commission a proposé d'autoriser quelques transports, par chemin de fer, de ces fusées, sous réserve que chaque envoi ne dépasserait pas 100^{kg}.

Enfin, tout en reconnaissant l'intérêt du dispositif qu'il a présenté, la Commission regarde comme désirable que M. Berthier étudie un type de fusées dans lequel le détonateur ne pourrait être introduit qu'au moment de l'emploi.

RAPPORT n° 218. — *Sur la fabrication de nouveaux types d'explosifs chloratés*, de MM. DAVEY, BICKFORD, SMITH et C^{ie} (1).

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

(1) *Voir* p. 212 et suivantes du Tome XV.

Digitized by Google

RAPPORT n° 219. — *Sur les grisoutines au salpêtre de la Société Générale pour la fabrication de la dynamite.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 14 septembre 1909, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur la suite à donner à une demande de la Société Générale pour la fabrication de la dynamite, tendant à la fabrication et à la vente de deux nouveaux types de dynamites-grisoutines à 5 pour 100 de salpêtre.

Ces deux explosifs, destinés aux mines grisouteuses, devaient avoir les compositions suivantes :

1° Grisoutine BP.	Nitroglycérine	11,76	pour 100.
	Coton azotique	0,24	
	Nitrate d'ammoniaque	83,00	
	Nitrate de potasse	5,00	
2° Grisoutine GP.	Nitroglycérine	29,10	pour 100.
	Coton azotique	0,90	
	Nitrate d'ammoniaque	65,00	
	Nitrate de potasse	5,00	

La Société Générale, en attendant que l'étude complète de ce genre d'explosifs soit faite, demandait l'autorisation de fabriquer, à titre provisoire :

50000kg à l'usine d'Ablon,

10000kg à l'usine de Paulilles.

Pour ses essais, la Commission a reçu 1kg d'explosif de chaque sorte de chacune de ces deux usines. Ces échantillons ont été analysés, puis soumis aux épreuves ordinaires de chaleur et d'humidité; on a fait ensuite le calcul de leurs températures de détonation. De plus, dans son Rapport, la Commission a donné connaissance des résultats obtenus à la station d'essais de Liévin, sur les grisoutines Favier à 5 pour 100 de salpêtre.

En résumé, les résultats de l'étude entreprise par la Commission ont donné lieu aux conclusions suivantes :

Les échantillons de grisoutines au salpêtre de Paulilles et d'Ablon se sont bien comportés aux épreuves de chaleur et d'humidité. D'autre part, les températures de détonation de ces dynamites sont inférieures aux limites fixées par la Circulaire des Travaux publics,

Digitized by Google

du 1er août 1890, en ce qui concerne les explosifs autorisés dans les mines grisouteuses.

En conséquence, la Commission a été d'avis que la fabrication de ces nouveaux types peut être autorisée.

Toutefois, l'étude de la Commission du grisou sur les explosifs au salpêtre n'étant pas terminée, elle a proposé de n'autoriser cette fabrication qu'à titre provisoire et jusqu'à concurrence des quantités indiquées dans la demande de la Société Générale pour la fabrication de la dynamite.

RAPPORT n° 221. — *Sur les grisoutines au salpêtre de la Société Française des explosifs.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 20 septembre 1909, le Ministre de la Guerre a demandé à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner à une demande de la Société française des Explosifs, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer six nouveaux types de dynamite pour mines grisouteuses, à 5 pour 100 de salpêtre.

Les six nouveaux types que la Société française des Explosifs demandait à fabriquer, à titre provisoire et à titre définitif, ne différaient des grisoutines déjà autorisées que par la substitution, dans leurs formules, de 5 pour 100 de nitrate de potasse ou de soude à une quantité égale de nitrate d'ammoniaque.

Ces formules étaient les suivantes :

Grisoutine 12 p. 100, P ou S.	Nitroglycérine	12	pour 100.
	Coton azotique	1	
	Nitrate d'ammoniaque	82	
	Nitrate de potasse ou de soude	5	
Grisoutine 20 p. 100, P ou S.	Nitroglycérine	20	pour 100.
	Coton azotique	1	
	Nitrate d'ammoniaque	74	
	Nitrate de potasse ou de soude	5	
Grisoutine 30 p. 100, P ou S.	Nitroglycérine	29	pour 100.
	Coton azotique	1	
	Nitrate d'ammoniaque	65	
	Nitrate de potasse ou de soude	5	

Digitized by Google

La Commission a reçu un échantillon de 1^{kg} de chacun des types de grisoutines ci-dessus, fabriqués à la dynamiterie de Cugny, et les a soumis aux épreuves ordinaires de chaleur et d'humidité. De plus, dans son rapport, la Commission a étudié l'hygroscopicité des mélanges de nitrate d'ammoniaque et de salpêtre.

Ses conclusions sont résumées ainsi qu'il suit :

Les échantillons de grisoutines aux nitrates de potasse ou de soude reçus de Cugny se sont bien comportés aux épreuves de chaleur et d'humidité. Les températures de détonation de ces dynamites sont inférieures aux limites fixées par la Circulaire des Travaux publics, du 1er août 1890, relatives aux explosifs autorisés dans les mines grisouteuses.

En conséquence, la Commission a été d'avis que la fabrication des types au nitrate de potasse peut être autorisée. Toutefois, l'étude de la Commission du Grisou sur les explosifs au salpêtre n'étant pas terminée, elle a proposé de n'accorder cette autorisation qu'à titre provisoire, jusqu'à concurrence de 30000^{kg}, par exemple.

Le nitrate de soude accroissant notablement l'hygroscopicité du nitrate d'ammoniaque et l'avantage économique donné par l'emploi de ce sel étant de peu d'importance, la Commission a été d'avis de ne pas accorder l'autorisation de fabriquer les grisoutines au nitrate de soude, dont l'efficacité en présence du grisou n'avait d'ailleurs pas encore été étudiée à la station de Liévin.

Rapport n° **222**. — *Sur les grisoutines au salpêtre de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche).

Par dépêche du 20 septembre 1900, le Ministre de la Guerre a demandé à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner à une demande de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, tendant à obtenir l'autorisation de fabriquer, dans ses usines de Saint-Martin-de-Crau et de Billy-Berclau, trois nouveaux types de grisoutines à 5 pour 100 de salpêtre.

D'après cette demande, il s'agissait d'obtenir l'autorisation de modifier comme suit les grisoutines actuellement fabriquées :

Digitized by Google

		Pour 100.	
Grisoutine B.	Nitroglycérine.....	11,76	
	Coton nitré	0,24	
	Nitrate d'ammoniaque..	82,50	au lieu de 87,50 de nitrate d'ammoniaque.
	Nitrate de potasse.....	5,00	
	Carbonate de soude....	0,50	
Grisoutine F.	Nitroglycérine.....	19,60	
	Coton nitré.....	0,40	
	Nitrate d'ammoniaque..	74,50	au lieu de 79,50 de nitrate d'ammoniaque.
	Nitrate de potasse	5,00	
	Carbonate de soude....	0,50	
Grisoutine G.	Nitroglycérine.....	29,10	
	Coton nitré.....	0,90	
	Nitrate d'ammoniaque..	64,50	au lieu de 69,50 de nitrate d'ammoniaque.
	Nitrate de potasse	5,00	
	Carbonate de soude....	0,50	

La Commission a reçu de la dynamiterie de Billy-Berclau un échantillon de 1^{kg} de chacune des trois grisoutines ci-dessus. Les explosifs n'exsudaient pas, mais présentaient une forte odeur ammoniacale.

Les caractères physiques et les humidités de ces échantillons ont été examinés ; ils ont donné lieu aux remarques particulières suivantes :

L'encartouchage de ces explosifs diffère de celui des grisoutines présentées par les autres dynamiteries françaises. Lorsqu'on examine une cartouche munie de son enveloppe paraffinée, on constate que l'une des extrémités est plane ; c'est le fond de la cartouche. L'autre extrémité est irrégulière et le papier paraffiné est percé d'un trou de 2 à 3^{cm} qui se prolonge dans l'explosif sur 1^{cm} environ. Il est probable que la fermeture des enveloppes se fait, à Billy-Berclau, à l'aide d'un petit outil assez pointu pour percer le papier. Cette circonstance paraît désavantageuse au point de vue de la conservation de l'explosif; cependant, au point de vue de l'hygroscopicité, ces cartouches se sont comportées, dans la caisse humide, comme les cartouches ordinaires.

La Commission a étudié ces cartouches au point de vue de l'action du carbonate de soude et les a soumises aux actions de la chaleur et de l'humidité, ainsi qu'aux autres essais relatés dans les rapports précédents (Rapports n^{os} 219 et 221). Il en résulte

Digitized by Google

que les échantillons reçus de Billy-Berclau se sont bien comportés aux épreuves de chaleur et d'humidité et que les températures de détonation de ces grisoutines sont inférieures aux limites fixées par la circulaire du 1er août 1890 en ce qui concerne les explosifs autorisés dans les mines grisouteuses.

D'autre part, le carbonate de soude introduit dans ces explosifs réagit immédiatement sur le nitrate d'ammoniaque en dégageant de l'ammoniaque. Cette addition de carbonate alcalin ne fait qu'atténuer la réaction acide qu'accusent au tournesol les dynamites au nitrate d'ammoniaque, acidité qui ne paraît d'ailleurs pas présenter d'inconvénients pratiques.

En conséquence, la Commission a émis l'avis que la fabrication des grisoutines présentées par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques peut être autorisée, à la condition que le carbonate de soude qu'elles contiennent soit supprimé et remplacé par une égale quantité de nitrate d'ammoniaque. En outre, l'étude de la Commission du grisou sur les grisoutines au salpêtre n'étant pas terminée, elle a proposé de n'accorder cette autorisation qu'à titre provisoire, jusqu'à concurrence de 30000kg, par exemple.

Enfin, la Commission pense que, dans les types actuels de grisoutines sans salpêtre, le carbonate de soude serait avantageusement remplacé par une égale quantité de nitrate d'ammoniaque.

Rapport n° 223. — *Sur l'emploi de mélanges de cheddite et de poudre noire.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 1er décembre 1908, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'un accident survenu, le 29 août 1908, dans une carrière à Chagny (Saône-et-Loire), où deux personnes ont été grièvement blessées par un coup de mine parti inopinément pendant le bourrage. M. le Ministre priait la Commission de lui faire connaître son avis sur les questions soulevées à cette occasion par le Conseil général des Mines.

D'après l'examen du dernier dossier communiqué et la connaissance des études entreprises antérieurement par la Commission, qui permettent de préciser le mode de fonctionnement des mélanges de poudre noire et de cheddite, ainsi que les dangers spé-

Digitized by Google

ciaux que comporte leur emploi, la Commission a été amenée aux conclusions résumées ci-après :

En résumé : la supériorité économique qui semble avoir été constatée à la carrière Guyenot, dans l'emploi des mélanges de cheddite et de poudre noire, paraît tenir principalement à la modicité des charges employées dans cette exploitation, dans des conditions où le prix de l'amorçage au fulminate peut représenter une fraction notable de la dépense en explosifs.

De tels mélanges paraissent devoir présenter à la fois la sensibilité au choc des cheddites et l'aptitude de la poudre noire à propager l'inflammation, Ils doivent être évités au même titre que les mélanges de dynamite et de poudre noire, déjà interdits par les Règlements miniers sur l'emploi des explosifs.

C'est dans ce sens que la Commission a proposé de répondre aux questions soulevées par le Conseil général des Mines, au sujet de l'emploi des mélanges de cheddite et de poudre noire.

Lettre n° 44 du Président de la Commission au sujet de l'emploi des explosifs dans les exploitations minérales.

Par dépêche du 24 septembre et du 24 octobre 1908, le Ministre de la Guerre a transmis à la Commission des lettres par lesquelles la Société française des Poudres de sûreté et la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques protestaient contre une circulaire du 29 juillet 1908, rappelant que les explosifs ne doivent être employés dans les mines que sous forme de cartouches, exception faite pour la poudre noire, celle-ci pouvant seule être versée à nu dans les grands trous élargis à l'acide.

Les deux Sociétés estimant que cette exception devait être faite également pour les explosifs Favier, le Ministre avait prié la Commission de lui faire connaître son avis sur cette question, qu'elle a discutée dans sa séance du 11 février 1909.

La Commission a été d'avis, à l'unanimité, que les explosifs Favier présentent, au point de vue des dangers à craindre par suite des chocs ou frottements dans l'emploi à nu, des garanties de sécurité au moins égales à celles de la poudre noire, garanties qui ont été constatées depuis longtemps et au sujet desquelles aucune expérience nouvelle ne paraissait nécessaire, d'autant plus que les

Digitized by Google

inconvénients résultant de la différence d'amorçage de ces explosifs n'intervenaient pas dans la question posée.

La Commission a d'ailleurs remarqué que la circulaire ci-dessus visée ne touche les poudres de sûreté que par une sorte de prétérition et que c'est au sujet de la cheddite que l'interdiction est renouvelée : elle mentionne simplement que la poudre noire seule a été jusqu'à présent en possession d'une exception réglementaire.

Pour ces motifs, la Commission a conclu, à l'unanimité, que les poudres de sûreté peuvent bénéficier de l'exception provisoire qui a été maintenue pour la poudre noire, sur l'avis du Conseil général des Mines.

II. — Revue des travaux effectués pendant l'année.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un assez grand nombre d'études qui sont actuellement terminées et sur certaines autres restant en cours d'exécution.

Les études terminées sont comprises dans le Tableau suivant :

NUMÉROS DES ÉTUDES.	NUMÉROS des rapports établis.	OBSERVATIONS.
192	212	
213	213	
217	211	
218	216	
219	215	
222	233 et lettre n° 44	
224	214 et 220	
225	218	
227	217	

L'étude n° **235** (Examen des demandes de fabrication de grisoutines au salpêtre) a donné lieu à l'établissement des Rapports n^{os} **219**, **221** et **222** ; elle reste en cours d'exécution pour l'examen de quelques demandes, dont une a donné lieu au Rapport n° **224**, du 13 janvier 1910 ; ce Rapport sera analysé ultérieurement.

Digitized by Google

D'autre part, diverses études nouvelles ont été entreprises; d'autres ont été continuées sans qu'elles aient encore abouti à l'établissement d'un Rapport définitif ou ont donné lieu à des Rapports qui ne seront analysés que dans le prochain Compte rendu.

Ces études sont les suivantes :

ÉTUDE N° 44

Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs.

Cette étude a donné lieu à l'établissement d'une Note sur le mode de détonation de la dynamite-gomme.

ÉTUDE N° 151

Réglementation de l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses.

Cette étude a été continuée par l'élaboration d'une Note sur le fonctionnement des explosifs de sûreté au nitrate d'ammoniaque.

ÉTUDE N° 157

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

Une série d'expériences de tir a eu lieu, en 1909, sur les fusées présentées par M. Berthier. Le procès-verbal qui en est résulté a été classé à cette étude, à la suite de ceux établis antérieurement sur des engins paragrêles. L'étude reste en cours et la Commission continuera à y classer les renseignements qui lui parviendront sur le même sujet.

ÉTUDE N° 220

Accidents survenus dans l'emploi de la cheddite.

Cette étude a donné lieu à une Note sur le mode d'emploi de la cheddite et de la dynamite.

Digitized by Google

ÉTUDE N° 221

Mode d'emploi du prométhée et de la dynamite dans le tirage des coups de mine.

Cette étude a donné lieu à l'établissement d'une Note sur le mode d'emploi de la cheddite et de la dynamite, ainsi qu'à un Rapport sur le mode d'emploi du prométhée, qui vient d'être adressé au Ministre.

L'étude reste en cours.

ÉTUDE N° 230

Étude des conditions d'établissement des dépôts de dynamite de 50^{kg}.

Cette étude a donné lieu, en 1909, à plusieurs essais qui ont eu lieu à Sévran et à Cugny. Les résultats obtenus n'ont pas encore permis l'établissement d'un Rapport définitif sur la question; les essais seront continués.

ÉTUDE N° 231

Examen d'un nouveau type d'explosif proposé par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.

Cette étude est actuellement terminée et vient de faire l'objet d'un Rapport qui a été adressé au Ministre.

ÉTUDE N° 232

Examen d'un nouveau type de cheddite à base de chlorate de soude.

Cette étude est également terminée et vient de donner lieu à l'établissement d'un Rapport qui a été adressé au Ministre.

Digitized by Google

ÉTUDE N° 233

Demande de la Société générale pour la fabrication de la dynamite pour l'autorisation de deux types d'explosifs « Naphtites ».

Cette étude est terminée et a donné lieu à l'établissement d'un Rapport qui a été adressé au Ministre et sera analysé dans le prochain Compte rendu.

ÉTUDE N° 235

Examen des demandes de fabrication de grisoutines au salpêtre.

Cette étude, qui a donné lieu à l'établissement de trois Rapports en 1909, vient de donner lieu à un quatrième Rapport, qui a été adressé au Ministre. La question reste en cours d'étude pour l'examen de nouvelles demandes soumises à la Commission.

ÉTUDE N° 236

Taxation des explosifs de mine.

Cette étude, confiée à une Sous-Commission spéciale, est en cours d'exécution. Elle a été l'objet de plusieurs séances dans lesquelles ont été entendus les divers fabricants d'explosifs; ces derniers ont été invités à adresser à la Commission des Notes résumant leurs objections et leurs desiderata et plusieurs de ces Notes sont déjà parvenues. La Commission espère être en mesure d'établir prochainement son Rapport sur ce sujet.

ÉTUDE N° 237

Examen d'une nouvelle formule de dynamite de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.

Cette étude est terminée et a fait l'objet d'un Rapport qui a été adressé au Ministre et sera analysé dans le prochain Compte rendu.

Digitized by Google

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION PENDANT L'ANNÉE 1909.

Au 1er janvier 1909, la Commission des Substances explosives était composée comme il est indiqué ci-dessous :

Membres titulaires :

MM.

HALLER, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président ;*

VIEILLE, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président ;*

BERTRAND, colonel du Génie ;

BRULEY, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres ;

HAGRON, inspecteur général des Poudres et Salpêtres ;

JACOB, colonel d'Artillerie coloniale ;

LE CHATELIER, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut ;

LUCAS, général d'Artillerie, président de la Commission de réception des Poudres de guerre ;

LIOUVILLE, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire.*

Membres adjoints :

MM.

CHESNEAU, ingénieur en chef des Mines ;

DAUTRICHE, ingénieur des Poudres et Salpêtres ;

FLEURI, capitaine du Génie ;

GALY-ACHÉ, chef d'escadron d'Artillerie coloniale ;

GOSSOT, général d'Artillerie coloniale ;

LHEURE, ingénieur des Poudres et Salpêtres ;

NICOLARDOT, capitaine d'Artillerie ;

PICAT, chef d'escadron d'Artillerie ;

TRIGER, capitaine d'Artillerie.

Digitized by Google

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

GRÜNER, vice-président du Comité des Houillères de France ;
TAFFANEL, ingénieur des Mines.

Membres adjoints temporairement pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines :

MM.

BAUDOIN-BUGNET, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce ;

LODIN, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant au tir contre la grêle :

MM.

ANGOT, professeur à l'Institut agronomique ;
DABAT, directeur au Ministère de l'Agriculture ;
VIOLLE, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses :

MM.

AUDOIN (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris ;
BORDES (Ad.), armateur ;
BRALY, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis ;
ESTIER (H.), armateur ;
GIRAUD, admistrateur adjoint de la Société générale des Transports maritimes ;
LEBON (A.), président du Comité central des armateurs ;
ROUX (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

Digitized by Google

Par décision ministérielle du 31 mars 1909, M. Boizard, administrateur des contributions indirectes, a été nommé membre adjoint et temporaire de la Commission, pour l'étude des questions relatives à l'emmagasinement des poudres noires et pyroxylées.

Par décision ministérielle du 31 mars 1909, M. le chef d'escadron d'Artillerie coloniale Bourgoin a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le chef d'escadron Galy-Aché, admis à la retraite.

Par décision ministérielle du 12 novembre 1909, M. le colonel Gosselin, directeur central de l'Artillerie navale au Ministère de la Marine, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le général Gossot.

Enfin, par décision ministérielle du 22 novembre 1909, M. le capitaine Philippon, de la Section technique de l'Artillerie, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. le capitaine Triger.

En conséquence, l'état de la Commission au 31 décembre 1909 est le suivant :

Membres titulaires :

MM.

Haller, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président ;*

Vieille, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président ;*

Bertrand, colonel du Génie ;

Bruley, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres ;

Hagron, inspecteur général des Poudres et Salpêtres ;

Jacob, colonel d'Artillerie coloniale ;

Le Chatelier, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut ;

Lucas, général d'Artillerie, président de la Commission de réception des Poudres de guerre ;

Liouville, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire.*

Digitized by Google

Membres adjoints :

MM.

Bourgoin, lieutenant-colonel d'Artillerie coloniale ;
Chesneau, ingénieur en chef des Mines ;
Dautriche, ingénieur des Poudres et Salpêtres ;
Fleuri, capitaine du Génie ;
Gosselin, colonel d'Artillerie coloniale ;
Lheure, ingénieur des Poudres et Salpêtres ;
Nicolardot, capitaine d'Artillerie ;
Philippon, capitaine d'Artillerie ;
Picat, chef d'escadron d'Artillerie.

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

Grüner, vice-président du Comité des Houillères de France ;
Taffanel, ingénieur des Mines.

Membre adjoint temporairement pour les questions relatives à l'emmagasinement des poudres :

M.

Boizard, administrateur des contributions indirectes.

Membres adjoints temporairement pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines :

MM.

Baudouin-Bugnet, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce ;

Lodin, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant aux tirs contre la grêle :

MM.

Angot, professeur à l'Institut agronomique ;

Dabat, directeur au Ministère de l'Agriculture ;

Violle, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Digitized by Google

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses :

MM.

Audoin (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris ;

Bordes (Ad.), armateur ;

Brally, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis ;

Estier (H.), armateur ;

Giraud, administrateur adjoint de la Société générale des Transports maritimes ;

Lebon (A.), président du Comité central des armateurs ;

Roux (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

Paris, le 14 avril 1910.

Le Secrétaire,
Liouville.

Vu :

Le Président,
A. Haller.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

EXTRAIT (1) D'UN RAPPORT N° 215.

SUR UNE DEMANDE DE MISE EN VENTE D'UN EXPLOSIF DU TYPE N DE LA SOCIÉTÉ ANONYME D'EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES.

Amélioration de la sensibilité par l'emploi d'un amorçage au cordeau détonant.

Examen de l'échantillon de cordeau (2). — L'échantillon d'une dizaine de mètres, reçu le 4 février 1909, comprenait plusieurs bouts dont les extrémités n'ont pas pu être utilisées, car l'âme explosive y était visiblement réduite.

Le cordeau est légèrement aplati; le diamètre varie, en effet, de $5^{mm},4$ à 6^{mm}, avec une moyenne voisine de $5^{mm},7$. Il porte deux bavures diamétralement opposées, provenant de l'étirage au laminoir. L'épaisseur de plomb est voisine de 1^{mm}.

L'examen d'un bout de $0^{m},20$ a donné, en outre, les résultats suivants :

Poids du mètre de cordeau	$164^{g},5$
Poids de plomb	147,7
Poids d'explosif	16,8

La densité de l'explosif paraît comprise entre 1,5 et 1,6.

(1) Cet extrait ne comprend que des renseignements techniques. (*N. d. l. R.*).

(2) Cordeau détonant à la tétranitrométhylaniline. (*N. d. l. R.*).

Digitized by Google

La mesure de la vitesse de détonation, faite sur un bout de $0^m,20$, a donné le résultat suivant :

6 février 1909, $t = +5°$,

$$V = 6880 \times \frac{200}{2 \times 102} = 6745^m;$$

elle est donc très voisine de celle du cordeau à la mélinite.

Mode de détonation d'une cartouche amorcée au cordeau détonant. — Surface de l'onde explosive. — Avant de donner les résultats des essais en trous de mine, il est utile de préciser le mode de détonation d'une cartouche explosive amorcée au cordeau détonant.

Lorsqu'une cartouche est ainsi amorcée, elle prend une vitesse de détonation longitudinale rigoureusement égale à celle du cordeau. C'est ce que montre l'expérience suivante :

10 *septembre* 1907. — On prend une cartouche de mélinite pulvérulente, de densité 0,93, ayant 40^{mm} de diamètre et 33^{cm} de longueur ; sa vitesse de détonation est voisine de 5000^m. On l'amorce suivant son axe avec un bout de cordeau provenant de l'échantillon 1 de 1907 ($V = 6880^m$). Les deux détonateurs du circuit des vitesses sont disposés au contact de la cartouche. On obtient une vitesse

$$V = 6880 \times \frac{270}{400 - 2 \times 64} = 6830^m.$$

L'abaissement de 50^m correspond à une erreur de 0,3 millionième de seconde, soit de 1^{mm} sur la position du signal.

Mais cet essai ne donne aucun renseignement sur la forme de la surface de l'onde. Celle-ci a été étudiée expérimentalement en employant des couches minces de mélinite.

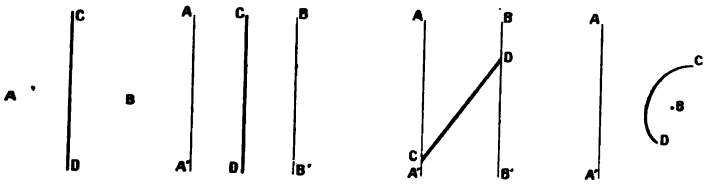
On dispose sur une plaque de plomb une couche de mélinite pulvérulente de $5^{mm},5$ d'épaisseur, qu'on amorce de deux façons différentes.

Le lieu des points d'intersection des deux lignes d'onde est une courbe que l'on retrouve gravée sur le plomb. Les différentes courbes obtenues avec divers modes d'amorçages permettent de déterminer les lignes d'onde correspondantes. Voici les résultats des essais :

Digitized by Google

a. 17 *août* 1908. — On amorce avec deux détonateurs A et B au fulminate, perpendiculaires à la feuille de plomb, et on les fait détoner simultanément. On obtient une droite CD perpendiculaire à la ligne AB (*fig.* 1).

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.



b. 17 *août* 1908. — On amorce avec deux cordeaux parallèles AA′ et BB′, qu'on fait détoner simultanément dans le même sens. Le signal obtenu est une droite parallèle aux cordeaux (*fig.* 2).

c. 17 *août* 1908. — On conserve le même amorçage, mais on fait détoner les cordeaux en sens opposés. Le signal obtenu est une droite CD faisant avec les deux cordeaux un angle d'environ 30° (*fig.* 3 et *fig.* 3 *bis*).

d. 16 *mars* 1909. — On amorce avec un cordeau AA′ et un détonateur B au fulminate. Le signal est une parabole CD ayant B pour foyer et dont la directrice fait un angle d'environ 30° avec la direction du cordeau (*fig.* 4 et *fig.* 3 *bis*).

Il résulte de ces essais que la détonation se propage, en plan, suivant les lois très simples qu'on pouvait prévoir, *a priori :*

1° Dans l'amorçage à l'amorce, la ligne d'onde est une circonférence dont le rayon $r = vt$ croît proportionnellement au temps;

2° Dans l'amorçage au cordeau, de vitesse V, la ligne d'onde est une droite qui se déplace parallèlement à elle-même avec la vitesse v de détonation de la couche ; cette droite est l'enveloppe de toutes les lignes d'onde circulaires qui correspondraient aux divers points du cordeau ; elle fait avec le cordeau un angle dont le sinus est $\frac{v}{V}$.

Ces résultats peuvent être étendus au cas d'un volume. Ainsi donc, quand une cartouche est amorcée, en bout, au fulminate, la

Digitized by Google

surface de l'onde explosive est un plan perpendiculaire à l'axe de la cartouche ; quand elle est amorcée avec un cordeau détonant, la surface d'onde est un cône ayant le cordeau pour axe et dont l'ouverture au sommet est $2 \arcsin \frac{v}{V}$.

Fig. 3 *bis*.

Vitesse de propagation de l'onde de choc émise par un cordeau détonant. — La détermination de cette vitesse présente un intérêt évident ; elle est, en effet, à peu près proportionnelle à la racine carrée de la discontinuité correspondante, et celle-ci paraît devoir régler l'efficacité de l'amorçage.

Pour effectuer la mesure, on dispose les deux détonateurs du circuit des vitesses dans un plan perpendiculaire au cordeau ; l'un d'eux est amené au contact ; l'autre, diamétralement opposé, est

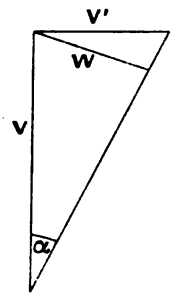
Digitized by Google

disposé à 10^{mm} du cordeau. On mesure donc ainsi la vitesse moyenne de propagation V′ sur les 10 premiers millimètres comptés normalement à partir de la surface du cordeau.

La surface de l'onde étant conique, la vitesse réelle de propagation est (*fig.* 5)

$$W = V' \cos \text{arc tang} \frac{V'}{V}.$$

Fig. 5.



Cette correction est d'ailleurs très faible, à cause de la petitesse de $\frac{V'}{V}$.

Voici les résultats des essais :

17 mars 1909, $t = +6°$.

a. Cordeau de Billy-Berclau, à la tétranitrométhylaniline.

$$V = 6746^m, \qquad V' = 6880 \times \frac{10}{2 \times 46} = 749^m,$$
$$\alpha = 6°20', \qquad W = 744^m.$$

b. Cordeau détonant réglementaire, n° 434. Échantillon 1, 1907, SL.

$$V = 6880^m, \qquad V' = 6880 \times \frac{10}{2 \times 33} = 1043^m,$$
$$\alpha = 8°37', \qquad W = 1031^m.$$

c. Amorce de fulminate pur de 5ᵍ. L'amorce est allumée au Bickford, et l'on mesure la vitesse V′ normalement à la surface latérale et près de l'extrémité de l'amorce.

$$V = 3620^m, \qquad V' = 6880 \times \frac{10}{2 \times 28} = 1229^m,$$
$$\alpha = 18°45', \qquad W = 1163^m.$$

L'amorçage au cordeau réglementaire est donc plus efficace que l'amorçage au cordeau de Billy-Berclau.

Digitized by Google

NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du trou de mine.	EXPLOSIF.	MODE d'amorçage.	DENSITÉ de l'explosif	POIDS de la charge en grammes.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (litres par gr.).	OBSERVATIONS.
			Première série. — 24 février 1909, $t = +1°$.				
101	126	Billy-Berclau, 3 cartouches de l'échantillon de 1909.	18,50 de fulminate	//	268	0,51	Une variation exceptionnelle de résistance du terrain, déjà observée pendant le forage, a été constatée à nouveau pendant le mesurage des globes. Résistance croissante, de 126 à 129 pour les quatre trous disposés en ligne droite. On ne retrouve pas de résidus explosifs dans les globes.
102	128			//	257	0,33	
103	127		0m,33 de cordeau de Billy-Berclau	//	267	0,33	
104	129			//	262	0,18	
			Deuxième série. — 24 mars 1909, $t = +8°$.				
132	161	Billy-Berclau, réencartouché en étuis de papier de 29mm.	0m,26 à 0m,28 de cordeau de Billy-Berclau	1,12	175	0,57	Globe insignifiant; on retrouve du papier et de gros morceaux d'explosif; le cordeau a détoné complètement en laissant un sillon visible sur la paroi.
133	167			1,20	175	//	
134	163			1,22	175	0,23	Détonation incomplète; papier et morceaux d'explosif sur les parois.
135	169			1,30	175	0,06	Détonation incomplète; gros morceaux d'explosif.
136	165			1,33	175	//	Globe insignifiant; détonation complète du cordeau.
137	166		18,50 de fulminate	1,12	175	0,55	
138	162			1,18	175	0,65	
139	168			1,21	175	//	Globe insignifiant; papier et culot au fond du trou.
140	164			1,27	175	0,62	
			Troisième série. — 27 mars 1909, $t = +9°$.				
141	171	Cheddite réencartouchée en étuis de papier de 29mm.	0m,24 à 0m,26 de cordeau à la melinite	1,21	175	0,80	
142	177			1,39	175	0,73	
143	173			1,46	175	0,71	
144	175			1,51	175	0,68	On retrouve quelques grains d'explosif sur un seul côté du globe.

Digitized by Google

145	172	Cheddite réencartouchée en étuis de papier de 29mm.	1g,50 de fulminate	1,39	175	0,77	
146	173			1,45	175	0,79	
147	174						
148	170			1,54	175	0,67	On retrouve quelques grains d'explosif, principalement au bas du globe.

Quatrième série. — 29 mars 1909.

153	183	Cheddite réencartouchée en étuis de papier de 29mm.	0m,21 à 0m,25 de cordeau à la mélinite	1,45	175	0,63	On retrouve un seul grain de cheddite au haut du globe.
154	189			1,54	175	0,50	Quelques grains de cheddite sur les parois.
155	185			1,65	175	0,22	Morceaux d'explosif au fond du globe et sur les parois.
156	188		1g,50 de fulminate	1,45	175	0,62	
157	184			1,53	175	0,63	
158	190			1,63	175	0,15	Culot enfoncé dans la terre, au fond du globe.

Cinquième série. — 29 mars 1909.

149	181	Billy-Berclau, 2 cartouches de l'échantillon de 1909.	0m,24 de cordeau à la mélinite	"	174	0,54	On ne retrouve pas de résidus explosifs.
150	187			"	174	0,55	
151	182		1g,50 de fulminate	"	167	0,57	
152	186			"	167	0,61	

Sixième série. — 31 mars 1909, $t = +8°$.

159	191	Billy-Berclau, réencartouché en étuis de papier de 29mm.	0m,25 à 0m,26 de cordeau à la mélinite	1,22	175	0,08	Grains d'explosif sur les parois et au fond du globe.
160	197			1,26	175	"	Globe insignifiant; détonation complète du cordeau.
161	193			1,33	175	0,01	Papier et morceaux d'explosif sur les parois voisines du sillon laissé par le cordeau.
162	196		1g,50 de fulminate	1,22	175	0,66	Pas de résidus.
163	192			1,28	175	0,06	Culot enfoncé dans la terre.
164	198			1,33	175	0,05	»

Digitized by Google

Essais en trous de mine. — L'amorçage au fulminate et l'amorçage au cordeau ont été comparés par les effets obtenus dans la terre.

D'une part, on a déterminé, pour chaque mode d'amorçage, la densité limite de détonation complète de l'explosif; d'autre part, on a comparé les globes obtenus lorsque la détonation est complète.

Les essais ont porté sur l'explosif nitraté de Billy-Berclau et sur la cheddite 60, 4^{e} formule. La quantité de cordeau à la tétranitrométhylaniline étant insuffisante, on a utilisé, dans plusieurs essais, le cordeau réglementaire à la mélinite : on a vu précédemment que ce dernier paraît plus actif au point de vue de l'amorçage.

Les cartouches sont ficelées sur le cordeau, puis l'ensemble est descendu dans le trou de mine; cette opération est assez incommode.

Les résultats des essais sont donnés dans le Tableau précédent.

Il résulte de ces essais :

1° Pour des cartouches de 175^{g} et de 20^{cm} de longueur environ, la densité limite de détonation complète est moins élevée avec l'amorçage latéral au cordeau qu'avec l'amorçage en bout, au fulminate;

2° Lorsque la détonation est complète, les deux modes d'amorçage donnent des globes équivalents.

Essais de détonation à l'air libre. — La première des conclusions précédentes a été vérifiée par des essais de détonation à l'air libre. L'explosif nitraté, réencartouché dans des étuis de papier de 29^{mm} de diamètre et 20^{cm} à 22^{cm} de longueur, a été amorcé soit avec un détonateur de 1^{g},50 de fulminate, soit avec un bout de 0^{m},22 à 0^{m},24 de cordeau à la mélinite, attaché le long de la cartouche. On observe le bruit produit et le sillon obtenu sur une plaque de plomb.

Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

25 mars 1909, $t = +6°$.

NUMÉRO d'ordre.	AMORÇAGE.	DENSITÉ de l'explosif.	RÉSULTATS.
1	1g,50 de fulminate	1,17	Bruit fort ; sillon profond.
2		1,26	» »
3	0m,22 à 0m,24 de cordeau le long de la génératrice supérieure de la cartouche.	1,17	Bruit fort ; sillon un peu moins profond.
4		1,26	Bruit faible ; sillon presque nul ; on retrouve du papier et de l'explosif projetés.

Paris, le 13 mai 1909.

Le Rapporteur,
DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des Substances explosives, dans sa séance du 13 mai 1909.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

EXTRAIT D'UN RAPPORT N° 218.

SUR LA FABRICATION DE NOUVEAUX TYPES D'EXPLOSIFS CHLORATÉS DE MM. DAVEY, BICKFORD, SMITH ET C^ie^.

Le Rapport est divisé en sept parties :
Renseignements généraux ;
Prix de revient;
Sécurité ;
Détermination des caractéristiques explosives ;
Amorçage au cordeau détonant ;
Conservation ;
Conclusions.

Renseignements généraux.

(COMPOSITION, FABRICATION, SIGNALEMENT DES ÉCHANTILLONS.)

Composition. — Les compositions centésimales des nouveaux explosifs sont les suivantes :

Explosif P (potasse)..	Chlorate de potasse ..	90	pour 100
	Paraffine	10	
Explosif S (soude) ...	Chlorate de soude	89	pour 100
	Paraffine	11	

La paraffine entrant dans la composition des deux échantillons présentés est une paraffine très blanche, fondant au voisinage de 55°.

Ces deux explosifs ont été comparés aux deux types de cheddites suivants :

Cheddite 60, 4^e^ formule.	Chlorate de potasse.....	75
	Huile de ricin.....	5
	Mononitronaphtaline....	1
	Dinitrotoluène.....	15

Digitized by Google

Cette formule est actuellement fabriquée à Vonges sous le nom d'explosif type O n° 2. L'échantillon utilisé provient de la Société Bergès, Corbin et C^ie^; il a été reçu à Sévran en septembre 1906 (Étude 167, Rapport 174).

Cheddite 60.....	Chlorate de potasse.....	80
	Huile de ricin.....	6
	Mononitronaphtaline....	12
	Acide picrique.....	2

L'échantillon utilisé a été fabriqué à la Poudrerie de Sévran, en 1899 (Étude 149, Rapport 136).

Fabrication. — On fait fondre la paraffine au bain-marie et on incorpore peu à peu, au liquide obtenu, le chlorate de potasse tamisé à la perce de $0^{mm},65$. Après mélange, la matière est déchargée, écrasée sur une table après refroidissement, puis tamisée à $1^{mm},6$. On obtient ainsi un explosif formé de petits grains et de poussiers. On peut obtenir un explosif granulé en écrasant la matière encore tiède sur un tamis en peau.

Ce procédé de fabrication est identique à celui des cheddites.

Échantillons. — Des échantillons des deux explosifs ont été demandés aux pétitionnaires le 23 décembre 1908. Dans le cas où des dispositifs spéciaux d'amorçage, tels que cordeaux détonants, seraient nécessaires pour faire détoner ces explosifs, une quantité suffisante de ces cordeaux était également demandée.

Comme suite à cette demande, la Poudrerie de Sévran a reçu, le 15 janvier 1909, 20^{kg} d'explosif P en cartouches comprimées, 50 mètres de cordeau détonant pour l'amorçage de ces cartouches et 50 raccords à bague, pour la jonction des amorces fulminantes au cordeau détonant. Le 20 mars 1909, elle a reçu 15^{kg} d'explosif S, également en cartouches comprimées.

Signalement de l'échantillon P. — Les cartouches ont environ 30^{mm} de diamètre et 10^{cm} de longueur. L'enveloppe est en papier paraffiné et les deux extrémités de la cartouche sont paraffinées après encartouchage. Chaque cartouche contient deux petits cylindres de matière blanche fortement comprimée. Les cylindres sont

Digitized by Google

percés d'un trou central légèrement conique et dont le diamètre est de $\frac{6,1+6,7}{2} = 6^{mm},4$. Les cartouches sont également coniques, le diamètre variant d'un demi-millimètre d'une extrémité à l'autre.

D'autre part, l'examen de quatre demi-cartouches, fait dès la réception de l'échantillon, a donné les résultats suivants :

Diamètre moyen.....	$29^{mm},6$	$29^{mm},6$	$29^{mm},5$	$29^{mm},5$
Trou central.....	$6^{mm},4$	$6^{mm},4$	$6^{mm},4$	$6^{mm},4$
Longueur.....	$48^{mm},0$	$48^{mm},0$	$47^{mm},0$	$46^{mm},9$
Poids.....	$49^{g},6$	$49^{g},2$	$49^{g},0$	$47^{g},8$
Densité correspondante..	1,58	1,57	1,60	1,57
Humidité (3 heures à 60°).		0,16 pour 100		

Signalement de l'échantillon S. — Les cartouches ont environ 30^{mm} de diamètre et 11^{cm} de longueur. Le paraffinage de l'enveloppe est plus prononcé que celui de l'échantillon P ; pour presque toutes les cartouches il y a un peu de paraffine adhérente à l'explosif. Chaque cartouche contient deux petits cylindres de matière blanche comprimée. La compression est plus faible que pour l'explosif P ; on peut écraser la matière sous la pression des doigts. Une chute de $1^{m},00$ de hauteur écrase la matière, ouvre l'enveloppe et supprime le canal central réservé au cordeau. Le diamètre moyen de ce canal légèrement conique n'est que de $5^{mm},5$. Chaque cartouche contient deux demi-cartouches légèrement coniques.

Poids moyen d'une cartouche :

$$\frac{1}{5}(120,5 + 119,0 + 121,8 + 121,3 + 121,5) = 120^{g},8 ;$$

Poids net de matière :

$$\frac{1}{5}(114,9 + 112,1 + 116,8 + 115,8 + 116,3) = 115^{g},2 ;$$

Poids moyen de l'enveloppe : $5^{g},6$.

D'autre part, l'examen de quelques demi-cartouches, fait à la réception de l'échantillon, a donné :

Diamètre moyen.....	$29^{mm},5$	$29^{mm},5$	$29^{mm},5$	$29^{mm},5$	$29^{mm},4$	$29^{mm},4$
Trou central.....	$5^{mm},5$	$5^{mm},5$	$5^{mm},5$	$5^{mm},5$	$5^{mm},5$	$5^{mm},5$
Longueur.....	$52^{mm},5$	$51^{mm},5$	$52^{mm},0$	$52^{mm},0$	$53^{mm},0$	$54^{mm},0$
Poids.....	$58^{g},0$	$56^{g},9$	$56^{g},0$	$56^{g},1$	$58^{g},0$	$58^{g},8$
Densité correspondante.....	1,67	1,67	1,63	1,63	1,67	1,66
Humidité (3 heures à 60°)...		0,28 pour 100 (septembre 1909)				

Digitized by Google

Par suite de l'existence d'un peu de paraffine adhérente à l'explosif et de la moindre régularité géométrique des petits cylindres, les résultats des diverses mesures sont moins précis pour l'échantillon S que pour l'échantillon P.

Signalement de l'échantillon de cordeau détonant. — Il contient un trinitrotoluène jaune pâle et pulvérulent qui n'a pas été identifié, mais la vitesse de détonation de ce tube détonant paraît être celle d'un explosif suffisamment pur. L'examen de deux bouts de 151^{mm} et 500^{mm} a donné les résultats suivants :

	Bout de 151^{mm}.	Bout de 500^{mm}.
Diamètre extérieur moyen	$5^{mm},9$	$5^{mm},9$
Poids total	$19^{g},56$	$64^{g},46$
Poids par mètre de cordeau	$129^{g},5$	$128^{g},9$
Poids de plomb	$16^{g},11$	$53^{g},29$
Poids de plomb par mètre	$106^{g},7$	$106^{g},6$
Poids d'explosif	$3^{g},45$	$11^{g},17$
Poids d'explosif par mètre	$21^{g},8$	$22^{g},3$
Densité approximative de l'explosif (en supposant Δ plomb = 11,37)	1,25	1,24

L'épaisseur de l'enveloppe de plomb est de $0^{mm},6$ à $0^{mm},7$.

On voit que le diamètre de ce cordeau est un peu supérieur à celui du trou central des cartouches S ; pour l'introduire dans ces cartouches, on doit expulser un peu d'explosif, mais l'introduction peut néanmoins se faire par suite de la faible compacité de l'explosif au chlorate de soude.

Les raccords doivent d'abord être sertis à la pince sur le cordeau, puis serrés, à l'aide de la bague, sur le détonateur préalablement amené au contact de la tranche du cordeau. Avec les détonateurs au fulminate pur employés à Sévran, le serrage de la bague ne paraît pas suffisant pour assurer le contact de l'amorce et du cordeau et, par suite, la détonation de ce dernier. Dans les essais, on a généralement employé des raccords sans bague qu'on sertissait à la pince à la fois sur le détonateur et le cordeau ; ce procédé exige de grandes précautions pour éviter de pincer l'amorce dans la région du fulminate.

Digitized by Google

Sécurité.

COMBUSTION DANS UNE GOUTTIÈRE MÉTALLIQUE.

Première série. — Gouttière de 18^{mm}, 27 janvier 1909, $t = 0°$.

La matière P, écrasée et tamisée à 1^{mm},6, ne propage pas l'inflammation dans cette gouttière ; l'allumage par la bougie n'a pas pu être obtenu ; l'allumage par la flamme du Bunsen est difficile et l'extinction se produit toujours quelques secondes après l'enlèvement du bec Bunsen. Toutefois, tant que dure le chauffage, la flamme est éblouissante et l'on entend de nombreux crépitements.

Comparativement, la cheddite 60, Sévran 1899, s'enflamme assez facilement à la bougie ; elle brûle sans extinction avec une flamme fuligineuse ; 30^{cm} ont brûlé en 10 minutes, soit une vitesse de 0^{mm},5 par seconde.

Deuxième série. — 31 août 1909, $t = +17°$.

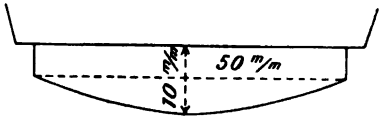
L'explosif S, essayé comme précédemment, dans la gouttière de 18^{mm}, n'a pas propagé la flamme.

Comparativement, la cheddite 60 a brûlé, sans extinction, à la vitesse de 0^{mm},7 par seconde.

L'explosif P a donné les mêmes résultats qu'en janvier. Il a été, en outre, essayé dans une gouttière de 35^{mm}. L'allumage au bec Bunsen a paru un peu plus facile, mais il n'y a pas eu de propagation.

En résumé, au point de vue de la transmission de la flamme, les deux explosifs présentent une sécurité supérieure à celle de la cheddite.

Fig. 1.



Essais de choc. — Les explosifs ont été soumis, suivant un dispositif décrit dans les Rapports antérieurs sur les explosifs chlorates, au choc d'un mouton cylindroconique de 30^{kg} tombant de 4^{m},50 de hauteur. L'explosif est réparti sur un rectangle de 35 × 10^{cm}. Les dimensions de la pastille de choc, après le dernier essai, sont données par le croquis ci-contre. On s'est toujours astreint à n'essayer les explosifs que par coups alternés.

Digitized by Google

DÉSIGNATION DE L'EXPLOSIF.	POIDS d'explosif soumis à l'essai.	NOMBRE d'essais.	POIDS D'EXPLOSIF RECUEILLI.		POIDS moyen d'explosif détruit.
			Poids moyen.	Écart moyen.	
Première série. — 2 février 1909.					
Cheddite (flambage).....	100 g	2	64,0 g	3,0 g	36,0 g
Cheddite 60, Sévran 1899...	100	5	76,4	2,1	23,6
Explosif P, tamisé à 1mm,6.	100	5	61,5	8,6	38,5
Deuxième série. — 5 février 1909, $t = +8°$.					
Cheddite (flambage).....	100 g	2	64,0 g	7,0 g	40,0 g
Cheddite 60, Sévran 1899...	100	5	58,6	9,9	41,4
Cheddite 60, 4e form., échan. Bergès, tamisé à 1mm,6...	100	5	51,8	8,6	48,2
Explosif P.....	100	5	70,0	10,8	30,0
Troisième série. — 17 juin 1909, $t = +14°$.					
Cheddite (flambage).....	100 g	2	54,7 g	2,7 g	45,3 g
Cheddite 60, Sévran 1899...	100	5	55,4	3,5	44,6
Explosif P.....	100	5	53,2	5,2	46,8
Explosif S.....	100	5	53,5	7,8	46,5
Quatrième série. — 7 août 1909, $t = +29°$.					
Cheddite (flambage).....	100 g	2	54,3 g	6,1 g	45,7 g
Cheddite 60, Sévran 1899...	100	5	62,8	10,9	37,2
Explosif P.....	100	5	53,1 (1)	9,9	46,9
Explosif S.....	100	5	67,6	4,8	32,4

(1) Y compris un essai avec détonation complète, dont il n'est pas tenu compte dans la moyenne.

On voit qu'au point de vue des chocs, les deux nouveaux explosifs P et S présentent une sécurité voisine de celle des cheddites.

La Commission a admis jusqu'ici que les essais de combustion et de choc, exécutés comme ci-dessus, permettent de classer les explosifs chloratés suivant leur degré de sécurité. D'autre part, les procédés de fabrication des nouveaux explosifs sont presque identiques à ceux des cheddites. On peut donc dire que les nouveaux explosifs présentent, dans leur fabrication, des garanties de sécurité au moins égales à celles des cheddites.

Digitized by Google

Ces garanties paraissent d'ailleurs devoir subsister dans les manipulations ultérieures, au moment de l'emploi.

Toutefois, à cause de la facile imprégnation des vêtements et des ustensiles en bois par les poussières de chlorate de soude, la fabrication de l'explosif S devrait être soumise à des consignes spéciales concernant le lavage fréquent des vêtements et de l'outillage (Étude 167, Rapport 203, sur une cheddite au chlorate de soude).

Gaz produits par la détonation. — Si l'on admet pour la paraffine la composition $C^{25}H^{52}$, les formules de décomposition des explosifs P et S seront les suivantes :

$$\begin{aligned}(P)\ &734{,}70\,ClO^3K + 28{,}41\,C^{25}H^{52}\\ &= 734{,}70\,KCl + 738{,}66\,H^2O + 710{,}25\,CO^2 + 23{,}47\,O^2\,;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(S)\ &835{,}68\,ClO^3Na + 31{,}25\,C^{25}H^{52}\\ &= 835{,}68\,NaCl + 812{,}50\,H^2O + 781{,}25\,CO^2 + 66{,}02\,O^2.\end{aligned}$$

Les deux explosifs contiennent donc un très léger excès d'oxygène.

Les cheddites O n° 1 (anciens types) dégagent des quantités notables d'oxyde de carbone. La cheddite O n° 2 n'en dégage qu'une très faible proportion, qui ne paraît guère devoir causer d'inconvénients. Les explosifs P, S et O n° 2 paraissent donc présenter des garanties équivalentes au point de vue de la composition des fumées.

Mais on a supposé un fonctionnement normal des trois explosifs, et il semble que c'est surtout dans les détonations incomplètes que l'on doit redouter des fumées incommodantes. Les cheddites, par exemple, lorsqu'elles sont trop tassées dans les trous de mine, peuvent produire des fumées ayant une odeur âcre et pénétrante et capables d'indisposer les ouvriers. Ces gaz sont vraisemblablement dus à une combustion partielle de l'explosif à l'abri de l'air et sous faible pression, avec dégagement de produits nitrés ou chlorés. Ces gaz ne se dégagent pas lorsqu'on brûle la cheddite à l'air libre. Il en est d'ailleurs de même pour les dynamites, qui, brûlées sous faible pression à l'abri de l'air, dégagent cependant du bioxyde d'azote.

L'explosif P, en cartouches peu tassées, présente, comme on le

Digitized by Google

verra plus loin, des garanties de détonation complète au moins égales à celles des cheddites; il n'en est pas de même de l'explosif S. D'autre part, ces explosifs propagent difficilement la flamme sous faible pression. Enfin, ils ne contiennent pas de composants nitrés. On doit donc prévoir que l'explosif P présentera, au point de vue de la composition des produits de l'explosion, des garanties au moins égales, sinon supérieures, à celles des cheddites. La conclusion est moins certaine pour l'explosif S.

Détermination des caractéristiques explosives.

I. — Combustion en vase clos.

Des essais à la bombe effectués au Laboratoire central ont donné les résultats suivants :

Explosif P. — Cet explosif a été tiré comparativement à la cheddite 60, 4e formule, échantillon de Bergès, de septembre 1906.

Densité de chargement.	Hauteur des cylindres. — Initiale.	Hauteur des cylindres. — Finale.	Pression (Gâvres-statique).		Observations.
		Cheddite 60, 4e formule.			
	mm	mm	kg	kg	
0,15	13,00	12,02	1022	981	Cylindres ancien type, de Gâvres, avec table statique de Gâvres.
	12,51	12,13	939		
	13,00	10,74	1839		
0,25	11,87	10,71	1855	1862	
	11,47	10,64	1891		
		Explosif P.			
	mm	mm	kg	kg	
0,15	13,00	12,33	784	812	
	12,69	12,26	839		
	13,00	11,09	//	//	P = 1006kg pour la moitié de l'écrasement.
0,25	12,04	11,24	1558	1534	
	11,49	11,32	1509		

Digitized by Google

Le covolume théorique est voisin de 0,6. En admettant cette valeur, on obtient pour les forces des deux explosifs :

$$\text{Cheddite 60, 4}^{e}\text{ formule....}\quad f = \frac{5951 + 6331}{2} = 6140,$$

$$\text{Explosif P.....}\quad f = \frac{4926 + 5226}{2} = 5076.$$

La force de l'explosif vaut donc les 0,83 de celle de la cheddite tirée comparativement.

Explosif S.

DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR DES CYLINDRES. Initiale.	HAUTEUR DES CYLINDRES. Finale.	PRESSION (Gâvres-statique).		OBSERVATIONS.
	mm	mm	kg	kg	
0,15	13,00	12,34	776	792	Table Gâvres statique.
	12,65	12,30	808		Cylindres de 1898, lot 144.
0,20	13,00	11,60	1327	1292	Fonctionnement statique.
	13,00	11,70	1258		
0,25	13,00	11,10	1640	1655	
	12,05	11,09	1646		
	11,34	11,03	1680		
0,30	13,00	10,90	1753	"	Anomalie.
	12,00	10,35	2089	2058	
	11,50	10,20	2104		
	13,00	10,45	1983		

La pression relativement très faible obtenue à la densité de 0,15 tient probablement à une différence de fonctionnement de l'explosif aux basses pressions.

Le covolume théorique est de 0,7 ; il en résulte pour la force la valeur suivante :

$$\text{Explosif S.....}\quad f = \frac{5566 + 5462 + 5419}{3} = 5480.$$

La force de l'explosif S vaut donc les 0,89 de la cheddite 60, 4^{e} formule.

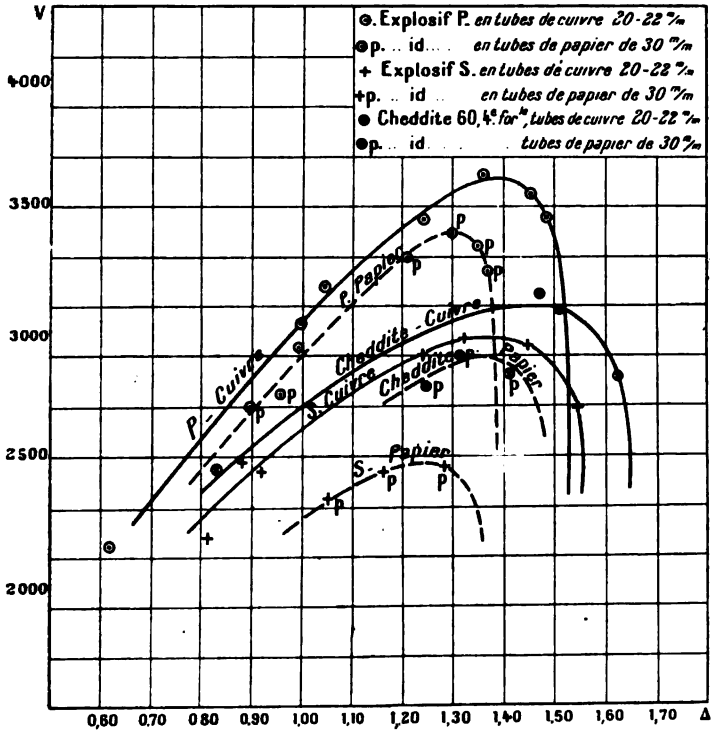
Digitized by Google

II. — Vitesses de détonation.

Les explosifs ont été plus ou moins comprimés, soit dans des tubes en cuivre de 20^{mm} de diamètre intérieur et 1^{mm} d'épaisseur, soit dans des tubes de papier de 30^{mm} de diamètre. La longueur utilisée, distance des deux détonateurs du circuit des vitesses, était généralement de 100^{mm} sur une longueur totale de cartouche de 18^{cm} environ.

On a toujours employé des amorces de $1^{g},50$ de fulminate pur.

Fig. 2.



Vitesses de détonation. Matières tamisées à $1^{mm},6$.

Tous les échantillons étaient d'abord écrasés et passés au tamis de $1^{mm},6$.

Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSE de détonation.	OBSERVATIONS.
1° *Explosif* P, *en tubes de cuivre de* 20-22^{mm}.			
	0,62	2137 ^{m}	Cordeau détonant type. Éch^{on} 1, 1907. S. L.
	1,00	3044	Humidité de l'explosif : 0,16 p. 100.
16 février 1909, $t = +3°$.	1,05	3185	
	1,36	3621	
	1,48	3475	
	1,54	//	La cartouche détone sur 8^{cm} environ.
	0,99	3940	
9 septembre 1909, $t = +15°$.	1,24	3457	
	1,45	3565	
	1,59	//	La cartouche détone sur 6^{cm} environ.
2° *Explosif* P, *en tubes de papier de* 29^{mm}.			
17 février 1909, $t = +4°$.	0,95	2752	
	1,30	3406	
	1,35	3340	
	0,90	2688	
	1,21	3308	
15 septembre 1909, $t = +16°$.	1,36	3259	
	1,41	//	La cartouche ne détone qu'au voisinage de l'amorce.
3° *Explosif* S, *en tubes de cuivre de* 20-22^{mm}.			
9 juin 1909, $t = +21°$.	0,88	2480	Humidité de l'explosif : 0,11 p. 100.
	1,25	2915	
	0,81	2191	
	0,92	2457	
	1,33	2966	
11 juin 1909, $t = +17°$.	1,45	2940	
	1,54	2688	
	1,56	//	La cartouche détone sur 7^{cm} environ.
	1,58	//	La cartouche détone sur 4^{cm} environ.
4° *Explosif* S, *en tubes de papier de* 29^{mm}.			
	1,05	2335	
	1,16	2443	
15 juin 1909, $t = +23°$.	1,29	2443	
	1,39	//	La cartouche détone sur 7^{cm} environ.
	1,47	//	La cartouche détone sur 5^{cm} environ.

Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSE de détonation.	OBSERVATIONS.
5° *Cheddite* 60, 4e *formule, en tubes de cuivre de* 20-22mm.			
16 février 1909, $t = +3°$.	1,51	3099 m	Humidité de l'explosif : 0,47 p. 100.
	1,62	2820	
17 février 1909, $t = +4°$.	0,84	2457	
	1,39	3045	
	1,48	3156	
6° *Cheddite* 60, 4e *formule, en tubes de papier de* 29mm.			
17 février 1909, $t = +4°$.	1,25	2774	
	1,31	2915	
	1,40	2843	
	1,50	"	La cartouche détone sur 12cm env.

Ces résultats sont figurés sur les graphiques de la figure 2.

III. — Sensibilité.

La sensibilité à l'amorce des explosifs P et S n'a pas été déterminée directement, mais sa connaissance résulte de la considération des courbes (V. Δ) du graphique précédent.

Dans des tubes de 30mm en papier, les densités limites au delà desquelles la détonation d'une cartouche de 18cm est incomplète sont à peu près les suivantes :

Cheddite 60, 4e formule.....	1,48
Explosif P.....	1,38
Explosif S.....	1,36

A ce point de vue, la cheddite possède une légère supériorité sur les deux autres explosifs.

D'autre part, l'aptitude de l'explosif P à transmettre la détonation à une cartouche voisine a été sommairement étudiée. Deux cartouches de 100g ($d = 29$mm, $\Delta = 1,10$ environ) sont disposées dans le prolongement l'une de l'autre, à des distances variables ;

Digitized by Google

la première étant amorcée à $1^{g},50$ de fulminate, on observe si sa détonation entraîne celle de la seconde cartouche.

Distance des cartouches...	3 cm	Les deux cartouches détonent.
Id. ...	4	Id.
Id. ...	5	La cartouche amorcée détone seule.

Dans les circonstances ci-dessus indiquées, les cartouches d'explosif P transmettent donc la détonation jusqu'à la distance de 4^{cm}.

IV. — Compressibilité.

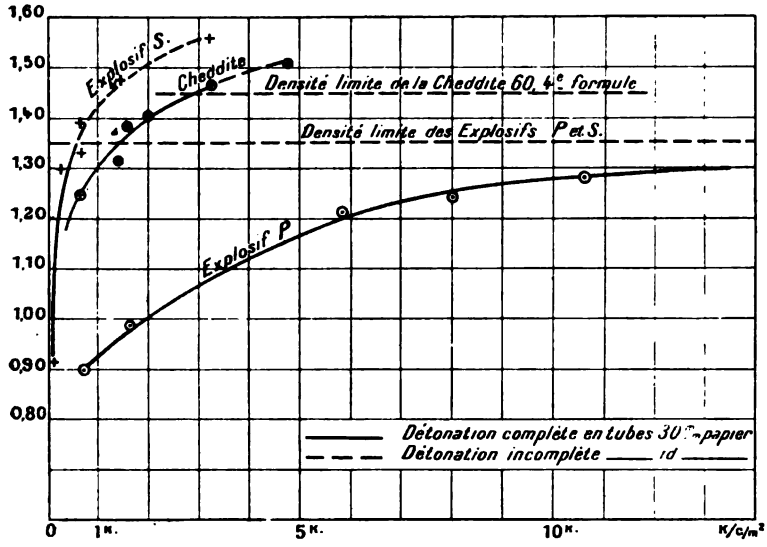
On a profité de la fabrication des cartouches destinées aux divers essais de détonation pour étudier la compressibilité des trois explosifs. Les résultats de ces mesures, faites à diverses époques de l'année, sont résumés dans les graphiques de la figure 3 et le Tableau suivant :

Pression cm².				Densité correspondante.
		1° *Explosif* P.		
kg 0,7,	soit 5 kg	sur un cercle de 30mm de diamètre	.....	0,90
1,6,	Id. 11	Id.	.....	0,99
5,9,	Id. 41	Id.	.....	1,21
8,0,	Id. 56	Id.	.....	1,29
10,5,	Id. 74	Id.	.....	1,28
20,0,	Id. 140	Id.	.....	1,37
58,0,	Id. 400	Id.	.....	1,59
87,0,	Id. 600	Id.	.....	1,70
		2° *Explosif* S.		
kg 0,02,	soit 0,14 kg	sur un cercle de 30mm de diamètre	.....	0,92
0,3,	Id. 2,0	Id.	.....	1,29
0,6,	Id. 4,5	Id.	.....	1,33
0,7,	Id. 5,0	Id.	.....	1,39
1,4,	Id. 10,0	Id.	.....	1,47
3,2,	Id. 22,0	Id.	.....	1,55
		3° *Cheddite* 60, 4e *formule*.		
kg 0,7,	soit 5,0 kg	sur un cercle de 30mm de diamètre	.....	1,25
1,4,	Id. 10,0	Id.	.....	1,31
1,6,	Id. 11,0	Id.	.....	1,38
2,1,	Id. 15,0	Id.	.....	1,40
3,2,	Id. 22,0	Id.	.....	1,46
4,8.	Id. 34,0	Id.	.....	1,51

Digitized by Google

(Dans les graphiques de la figure 3, on a figuré par des traits continus les parties de courbes qui correspondent à des détonations complètes et par des traits pointillés celles qui correspondent à des détonations incomplètes.)

Fig. 3.



Compressibilité. Matières tamisées à $1^{mm},6$.

On voit que les trois explosifs se compriment très différemment. Ils se classent, pour des compressibilités décroissantes, dans l'ordre suivant :

1° Explosif S;
2° Cheddite 60, 4e formule;
3° Explosif P.

L'explosif S est très compressible; il suffit d'appliquer un poids de 4^{kg} à 5^{kg} sur une cartouche de 30^{mm} pour l'empêcher de détoner sous l'action du détonateur de $0^{g},50$. Sur les cartouches de cheddite, on peut appliquer un poids de 20^{kg} environ et sur celles d'explosif P, un poids d'au moins 125^{kg}, sans en empêcher la détonation.

La grande compressibilité de l'explosif S le rend ainsi inutili-

Digitized by Google

sable, d'autant plus que les cartouches augmentent de densité pendant leur conservation, comme on le verra plus loin.

Au contraire, l'explosif P présente, au point de vue des détonations complètes, des garanties notablement supérieures à celles de la cheddite.

V. — Écrasements de blocs de plomb.

On a employé des blocs de plomb de 36^{mm} de diamètre et 72^{mm} de hauteur, provenant d'une même coulée. L'explosif est comprimé dans des boîtes en zinc n° 12, de 36^{mm} de diamètre, et amorcé avec $1^{g},50$ de fulminate. La boîte est posée sur le cylindre de plomb, et l'on mesure l'écrasement produit par la détonation.

	Densité approximative de l'explosif.	Écrasement du bloc de plomb.
		mm
Explosif P, 17 et 18 février 1909, $t = +3°$.	0,65	8,5
	0,88	12,5
	0,96	13,0
	1,22	13,5
	1,39	9,5
	1,60	2,0
Cheddite 60, 4e formule, 16 février 1909, $t = +3°$.	0,02	10,0
	0,25	12,5
	1,34	12,5
	1,43	13,0
	1,60	12,0

A densité égale et lorsque la détonation est complète, l'explosif P donne toujours des écrasements plus forts que la cheddite; mais, pour des densités croissantes, la diminution des écrasements est plus rapidement obtenue avec le premier explosif qu'avec le second.

VI. — Travail dans le plomb.

On a utilisé des blocs de plomb coulés le même jour, mesurant 20^{cm} de diamètre, 20^{cm} de hauteur, et percés d'un trou central de 125^{mm} de profondeur et 25^{mm} de diamètre. L'explosif (10^{g}), plus ou moins tassé au fond du trou, est amorcé avec un détonateur

Digitized by Google

électrique de 1^{g},50. Le bourrage est constitué par un bouchon de liège de 5^{mm} d'épaisseur et un remplissage d'environ 60^{g} de sable de rivière pesant 1200^{g} par litre. La densité de l'explosif est calculée d'après la hauteur qu'il occupe dans son logement; elle n'est qu'approximative. On mesure l'augmentation de volume produite par la détonation de l'explosif. Ce mode d'épreuve a fait l'objet d'une étude détaillée dans le Rapport n° 216, du 10 juin 1909, sur l'explosif Steelite.

Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau suivant :

NUMERO de l'essai.	DATE DE L'ESSAI.	DÉSIGNATION de l'explosif.	NUMERO de la série des blocs de plomb.	DENSITÉ de l'explosif.	RAPPORT $\frac{\Delta V}{P}$ en cm^3 : gr.	OBSERVATIONS.
20	9 mars 1909, $t = +7°$.	Cheddite 60, 4^{e} formule.	IV	0,98	16,8	
23		Id.	IV	1,32	16,4	
21		Explosif P.	IV	0,85	13,5	
27	10 mars 1909, $t = +3°$.	Cheddite 60, 4^{e} formule.	V	1,08	18,2	
28		Explosif P.	V	1,08	13,1	
49	2 juin 1909, $t = +24°$.	Cheddite 60, 4^{e} formule.	VII	1,20	17,1	Tout venant de cartouches; mélange de grains et de poussier.
50		Explosif S.	VII	1,45	12,2	Compression modérée de l'explosif.
53		Cheddite 60, 4^{e} formule.	VII	1,27	16,7	Comme au numéro 49. grains et poussier.
54		Explosif S.	VII	1,14	16,7	Compression très faible de l'explosif.
55		Id.	VII	1,08	15,6	Id.
56		Id.	VII	1,60	11,6	Compression forte.
69	6 septembre 1909, $t = +18°$.	Cheddite 60, 4^{e} formule.	VIII	1,20	18,9	
70		Cheddite 60, 1899, SL.	VIII	1,03	16,4	
71		Explosif S.	VIII	1,03	14,3	
72		Cheddite 60, 1899, SL.	VIII	1,00	17,3	
73		Explosif S.	VIII	0,88	14,3	
74		Cheddite 60, 4^{e} formule.	VIII	1,24	18,7	

Digitized by Google

Les faibles évasements donnés par l'explosif S aux densités de 1,45 à 1,60 résultent évidemment de détonations incomplètes.

D'autre part, sauf aux essais 49 et 53 où la cheddite 60, 4e formule, a été employée à l'état de mélange de grains et de poussier, tous les explosifs ont été préalablement écrasés et tamisés à $1^{mm},6$. Les évasements obtenus dans les essais nos 49 et 53 ayant paru trop faibles, on a étudié l'influence des grains sur le volume des évasements.

Mode de détonation d'une cheddite contenant des grains durs. — L'échantillon Bergès 1906 de cheddite 60, 4e formule, est un mélange de grains et de poussier dans les proportions suivantes :

Grains ne passant pas au tamis de 3^{mm}..	40,5	pour 100
Grains passant entre 3^{mm} et 2^{mm}.....	20,5	id.
Grains passant entre 2^{mm} et 1^{mm}.....	20,5	id.
Matière passant au tamis de 1^{mm}.....	18,5	id.
	100,0	

La densité des grains, au-dessus de 3^{mm}, prise au densimètre à mercure, a été trouvée égale à 1,95.

Les résultats des essais entrepris dans le but d'étudier le mode d'action de ces grains durs sont donnés dans le Tableau suivant :

NUMÉRO de l'essai.	DATE DE L'ESSAI.	DÉSIGNATION de l'explosif.	NUMÉRO de la série des blocs de plomb.	DENSITÉ de l'explosif.	RAPPORT $\frac{\Delta V}{P}$ en cm³ : gr.	OBSERVATIONS.
58	4 juin 1909, $t = +20°$.	Cheddite 60, 4e formule.	VII	1,31	18,0	Matière écrasée et tamisée.
59			VII	1,27	16,9	Tout venant (grains et poussier).
60			VII	1,55	15,9	Matière écrasée et tamisée, comprimée dans le bloc de plomb.
67	6 septembre 1909, $t = +18°$.	Cheddite 60, 4e formule.	VIII	1,00	16,9	Grains au-dessus de 3^{mm}.
68			VIII	1,24	18,8	Grains au-dessus de 3^{mm}, écrasés et tamisés.
69			VIII	1,30	18,9	Tout venant, écrasé et tamisé.
74			VIII	1,24	18,7	Id.

Digitized by Google

On voit que le coefficient $\frac{\Delta V}{P}$ obtenu avec les grains est inférieur d'environ 10 pour 100 à celui qu'on obtient avec la matière écrasée et tamisée. Cette différence doit être attribuée à une décomposition incomplète des grains durs dans le bloc de plomb.

Comparaison des explosifs P *et* S *avec la cheddite.* — La cheddite 60, 4e formule, étant prise pour unité, les coefficients des autres explosifs sont les suivants :

Explosif P.....	0,81 / 0,72	moyenne 0,77,	valeur corrigée	0,83;	
Explosif S.....	0,89 / 0,76	id. 0,83,	id.	0,87;	
Cheddite 60, 1e formule.		id. 0,90,	id.	0,92.	

La correction apportée au coefficient expérimental a pour but, ainsi qu'on l'a exposé dans le Rapport précité sur l'explosif Steelite, de tenir compte de la variation de la résistance des parois de plomb pour des évasements différents, et elle a pour effet de substituer à la comparaison des évasements sous charges égales celle des charges produisant le même évasement.

VII. — Travail dans la terre.

On a fait détoner des cartouches des divers explosifs au fond de trous de $1^m,00$ de profondeur creusés à la barre à mine dans le terrain naturel, et l'on a déterminé le rapport $\frac{V}{P}$ du globe obtenu au poids d'explosif. On employait des cartouches de 140^g à 200^g mesurant 29^{mm} de diamètre et amorcées à $1^g,50$ de fulminate pur. Les essais ont été exécutés dans le terrain mis, en 1906, à la disposition de la Commission par le Ministère de la Marine; ce terrain, dépourvu de racines, est assez régulier et n'a pas été remué depuis longtemps. Chaque trou est foré à 2^m des précédents, et l'on répartit les divers explosifs de manière à assurer le maximum de garanties au point de vue de la comparaison des résultats. Pour comparer deux explosifs, on charge, avec l'un d'eux, deux trous diamétralement opposés d'un carré de 2^m, et le second explosif est employé dans les deux autres trous.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

Digitized by Google

NUMERO de l'essai.	NUMERO du trou de mine.	DÉSIGNATION de l'explosif.	DENSITÉ de l'explosif.	CHARGE.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (lit. : gr.).	OBSERVATIONS.
			23 *février* 1909, $t = +4°$.			
91	95	Cheddite 60, 4e formule.	1,30	200 g	0,67	$R = \frac{0,65}{0,705} = 0,92.$
92	97		1,31	id.	0,74	
93	92	Explosif P.	1,10	id.	0,69	
94	100		1,10	id.	0,61	
			14 *juin* 1909, $t = +20°$.			
184	103	Cheddite 60, 4e formule.	1,28	200	0,50	$R = \frac{0,525}{0,545} = 0,96.$
187	109		1,30	id.	0,59	
185	104	Explosif S.	1,14	id.	0,54	
186	108		1,13	id.	0,51	
			8 *septembre* 1909, $t = +15°$.			
229	313	Cheddite 60, 4e formule.	1,28	140	0,57	$R = \frac{0,545}{0,595} = 0,92.$
232	319		1,28	id.	0,62	
230	314	Cheddite 60. 1899, SL.	1,23	id.	0,56	
231	318		1,24	id.	0,53	
233	315	Cheddite 60, 1899, SL.	1,21	150	0,57	$R = \frac{0,54}{0,58} = 0,93.$
236	321		1,21	id.	0,59	
234	316	Explosif P.	1,20	id.	0,53	
235	320		1,20	id.	0,55	
			13 *septembre* 1909, $t = +17°$.			
249	331	Explosif S.	1,07	160	0,40	$R < \frac{0,38}{0,385}$, soit 0,99.
252	337		1,07	id.	0,37	
250	332	Cheddite 60, 1899, SL.	1,26	id.	0,43	On retrouve quelques grains de cheddite, au haut du globe.
251	336		1,26	id.	0,33	
253	333	Cheddite 60, 4e formule.	1,24	140	0,45	$R > \frac{0,36}{0,455}$, soit 0,81.
256	339		1,23	id.	0,46	
254	334	Cheddite 60, 1899, SL.	1,23	id.	0,42	On retrouve quelques grains de cheddite, au haut du globe.
255	338		1,23	id.	0,30	
257	335	Explosif P.	1,22	160	0,46	$R < \frac{0,39}{0,37}$, soit 1,05.
260	456		1,25	id.	0,32	
258	340	Cheddite 60, 1899, SL.	1,27	id.	0,34	On retrouve quelques grains de cheddite, au haut du globe.
259	461		1,26	id.	0,40	

Digitized by Google

NUMERO de l'essai.	NUMERO du trou de mine.	DÉSIGNATION de l'explosif.	DENSITÉ de l'explosif.	CHARGE.	RAPPORT $\frac{V}{P^2}$ (lit. : gr.).	OBSERVATIONS.
			14 *septembre* 1909, $t = +16°$.			
265	213	Cheddite 60, 4e formule.	1,23	160 gr	0,39	$R = \frac{0,325}{0,39} = 0,83.$
268	219		1,24	id.	0,39	
266	214	Cheddite 60, 1899, SL.	1,11	id.	0,35	
267	218		1,10	id.	0,30	
			23 *septembre* 1909, $t = 16°$.			
293	273	Cheddite 60, 1899, SL.	1,07	175	0,44	$R = \frac{0,47}{0,51} = 0,92.$
296	279		1,06	id.	0,58	
294	274	Explosif S.	1,14	id.	0,41	
295	278		1,15	id.	0,53	

Le calcul des résultats moyens conduit aux valeurs suivantes :

1° Comparaison de l'explosif P à la cheddite 60, 4e formule,

$$R = 0,86 ;$$

2° Comparaison de l'explosif S à la cheddite 60, 4e formule,

$$R = 0,88 ;$$

3° Comparaison de la cheddite 60, 1899, S L, à la cheddite 60, 4e formule,

$$R = 0,88.$$

VIII. — Résumé.

Puissance. — La puissance de l'explosif P est inférieure de $\frac{1}{6}$ environ à celle de la cheddite 60, 4e formule (O n° 2). Pour l'explosif S, l'infériorité est de $\frac{1}{10}$ environ. Les résultats sont sensiblement les mêmes, quel que soit le mode d'épreuve employé : combustion en vase clos, travail dans le plomb ou dans la terre.

Densités limites. — Les densités limites auxquelles on peut

Digitized by Google

encartoucher les trois explosifs, dans des enveloppes de papier de 30^{mm}, sont environ de :

1,45 pour la cheddite 60, 4^{e} formule,
1,35 pour l'explosif P,
1,33 pour l'explosif S.

Compressibilité. — La faible compressibilité de l'explosif P lui assure des garanties de détonation complète supérieures à celles de la cheddite. Au contraire, l'explosif S, amorcé au fulminate, est presque inutilisable par suite de sa forte compressibilité.

Amorçage au cordeau détonant.

I. — Mode d'action du cordeau.

On a mesuré la vitesse de détonation de l'échantillon de cordeau présenté par la maison Davey et dont le signalement a été donné précédemment :

20 janvier.....	$t = +3°$	$V = 6880 \times \frac{500}{400 + 2 \times 138} = 5244^{m}$
6 février.....	$t = +5°$	$V = 6880 \times \frac{200}{2 \times 130} = 5292^{m}$
En moyenne...		$V = 5270^{m}$

D'après une étude antérieure (Rapport **215**), quand une cartouche est amorcée en bout au fulminate, la surface de l'onde explosive est un plan perpendiculaire à l'axe de la cartouche; quand elle est amorcée avec un cordeau détonant, la surface de l'onde est un cône ayant le cordeau pour axe et dont l'ouverture au sommet est 2 arc sin $\frac{v}{V}$, où v et V représentent les vitesses de détonation de l'explosif et du cordeau.

L'intensité de l'amorçage peut être évaluée par la mesure de la vitesse de propagation de l'onde de choc émise par le cordeau; la pression de choc est, en effet, à peu près proportionnelle au carré de cette vitesse. Pour effectuer la mesure, on dispose les deux détonateurs du circuit des vitesses dans un plan perpendiculaire au cordeau ; l'un d'eux est amené au contact et l'autre,

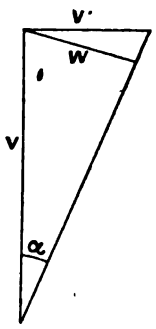
Digitized by Google

diamètralement opposé, est disposé à 10^{mm} du cordeau. On mesure donc ainsi la vitesse moyenne de propagation V sur les dix premiers millimètres comptés normalement à la surface du cordeau.

La surface de l'onde étant conique, la vitesse réelle de propagation est (*fig.* 5)

$$W = V' \cos \text{arc tang} \frac{V'}{V}.$$

Fig. 4.



Cette correction est d'ailleurs faible, à cause de la petitesse de $\frac{V'}{V}$.

Voici les résultats des essais :

17 mars 1909..... $t = +6°$

a. Cordeau Davey au trinitrotoluène :

$$V = 5270^m, \quad V' = 6880 \times \frac{10}{77} = 894^m,$$
$$\alpha = 9°37', \quad W = 881^m.$$

b. Cordeau détonant à la mélinite, n° 434, échantillon 1.1907-SL :

$$V = 6880^m, \quad V' = 6880 \times \frac{10}{66} = 1043^m,$$
$$\alpha = 8°37', \quad W = 1031^m.$$

c. Amorce de fulminate pur de 5^g. L'amorce est allumée au

Digitized by Google

Bickford et l'on mesure la vitesse V′ normalement à la surface latérale et près de l'extrémité de l'amorce :

$$V = 3620^{m}, \qquad V' = 6880 \times \frac{10}{56} = 1229^{m},$$
$$\alpha = 18°45', \qquad W = 1163^{m}.$$

On sait d'autre part (Rapports n^{os} 215 et 216) que l'amorçage latéral au cordeau n'est pas plus efficace que l'amorçage en bout, à 1^{g},50 de fulminate et, lorsque la détonation est complète, le travail produit reste le même.

L'amorçage central paraît, *a priori*, supérieur à l'amorçage latéral. D'une part, en effet, le contact du cordeau et de l'explosif est mieux assuré. D'autre part, pour un même diamètre de cartouches, l'épaisseur d'explosif qu'il faut faire détoner est deux fois plus faible.

II. — Essai des cartouches comprimées de la maison Davey.

Les résultats des essais, en trous de mine de 1^{m} de profondeur, sont donnés ci-contre :

Digitized by Google

NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du trou de mine.	MODE D'AMORÇAGE.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (litres : gramme).	OBSERVATIONS.
		24 *février* 1909, $t = +1°$. EXPLOSIF P.				
109	132	2 cartouches comprimées de l'échantillon, amorcées avec $0^m,25$ de cordeau et $1^g,50$ de fulminate.	//	200 g	0,41	Détonation incomplète : sur les parois, nombreux petits grains d'explosif, qu'on caractérise à la flamme.
110	135		//	»	0,35	
105	130	$1^g,50$ de fulminate.	1,13	»	0,37	
106	133		1,13	»	0,44	
		14 *juin* 1909, $t = +20°$. EXPLOSIF S.				
179	101	2 cartouches comprimées de l'échantillon, amorcées avec $0^m,25$ de cordeau et $1^g,50$ de fulminate.	//	230	0,67	Détonation complète.
182	107		//	»	0,62	
180	102	Amorçage latéral avec $0^m,29$ de cordeau et $1^g,50$ de fulminate.	1,17	200	0,46	Grains d'explosif au fond du globe.
181	106		1,17	»	0,64	
		18 *juin* 1909, $t = +19°$. EXPLOSIF S.				
187	105	2 cartouches comprimées de l'échantillon, amorcées avec $0^m,25$ de cordeau et $1^g,50$ de fulminate.	//	228	0,42	Détonation incomplète : grains d'explosif caractérisés à la flamme.
190	231		//	»	0,56	
188	226	$1^g,50$ de fulminate.	1,13	200	0,49	
189	110		1,15	»	0,54	
		23 *septembre* 1909, $t = +17°$. EXPLOSIF S.				
286	284	2 cartouches comprimées de l'échantillon, amorcées avec $0^m,25$ de cordeau et $1^g,50$ de fulminate.	//	227	0,62	Détonation incomplète : nombreux grains d'explosif caractérisés à la flamme.
287	288		//	»	0,59	
285	283	$1^g,50$ de fulminate.	1,17	200	0,51	
288	289		1,21	»	0,60	

Digitized by Google

En résumé, l'emploi des cartouches comprimées et du cordeau détonant présentés par les pétitionnaires a généralement donné lieu à des détonations incomplètes. Cependant, le mesurage des globes montre que la fraction d'explosif qui échappe à la détonation est faible.

III. — Étude de l'efficacité de l'amorçage central au cordeau détonant.

Explosif P. — Pour étudier l'efficacité de l'amorçage axial, on a fait détoner comparativement, en trous de mine, des cartouches comprimées à densités variables, les unes pleines et amorcées à 1^{g},50 de fulminate pur, les autres percées d'un canal central pour le passage d'un cordeau détonant. On a utilisé un matériel de compression existant à la Poudrerie de Sévran et donnant des cartouches de 34^{mm},6 de diamètre; le diamètre du canal des cartouches percées était de 7^{mm}. Chaque charge était composée de quatre cylindres de 50^{g}. Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau suivant :

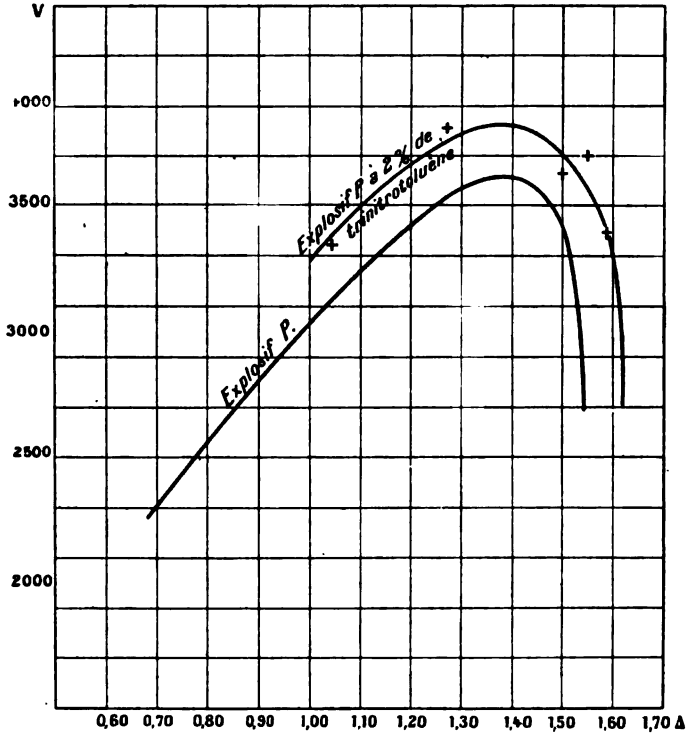
NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du trou de mine.	MODE D'AMORÇAGE.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (litres : gramme)	OBSERVATIONS.
		18 *mars* 1909, $t = +8°$. EXPLOSIF P.				
111	141	1^{g},50 de fulminate pur et 0^{m},23 à 0^{m},18 de cordeau détonant au trinitrotoluène.	1,29	200^{g}	0,74	Détonation complète.
112	147		1,38	»	0,62	Id.
113	143		1,45	»	0,63	Id.
114	149		1,53	»	0,69	On retrouve un grain d'explosif.
115	145		1,57	»	0,42	Détonations incomplètes; grains d'explosif plus ou moins gros sur les parois.
116	150		1,60	»	0,54	
117	140		1,70	»	0,40	
118	146	1^{g},50 de fulminate pur.	1,27	200	0,64	Détonation complète.
119	142		1,37	»	0,49	On ne retrouve pas d'explosif.
120	148		1,47	»	0,17	Culot de 8^{cm} environ.
121	144		1,51	»	0,11	Culot de 9^{cm} environ.

Digitized by Google

L'amorçage axial au cordeau détonant augmente donc la densité limite de 0,17 soit 12 pour 100 environ. Ces chiffres se rapportent à des cartouches de $34^{mm},6$; pour des cartouches de 30^{mm}, l'avantage est d'environ 0,21, d'après les résultats obtenus au paragraphe précédent.

Étude de l'explosif P *surdosé avec* 2 *pour* 100 *de trinitrotoluène.* — Au voisinage des densités limites, le trinitrotoluène du cordeau amorce représente 2 ou 2,2 pour 100 du poids des cartouches de $34^{mm},6$ ou 30^{mm}. Il était donc intéressant d'étudier la sensibilité à l'amorce de l'explosif P surdosé avec 2 pour 100 de trinitrotoluène.

Fig. 5.



Les vitesses de détonation obtenues en tubes de cuivre de 20^{mm}-22^{mm} sont données dans le graphique ci-dessus et le Tableau ci-après :

Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	DENSITÉ de l'explosif	VITESSE de détonation.	OBSERVATIONS.
Explosif P *à* 2 *pour* 100 *de trinitrotoluène en tube de cuivre de* 20^{mm}-22^{mm}.			
9 septembre 1909, $t = +15°$...	1,04	3340 m	
	1,28	3780	
	1,50	3640	
	1,55	3700	
	1,58	3373	

L'examen de la figure 5, où l'on a rappelé la courbe des vitesses de l'explosif P, montre que l'addition de 2 pour 100 de trinitrotoluène a accru la densité de 0,08.

Le coefficient différentiel peut être appliqué aux cartouches de papier. Il représente à peine la moitié de l'accroissement de la densité limite dû à l'emploi de l'amorçage au cordeau.

Toutefois, si l'on envisage en outre l'existence du canal central, on peut énoncer la règle empirique suivante : l'accroissement de densité limite donné par l'amorçage au cordeau est légèrement supérieur à celui qu'on obtiendrait en répartissant uniformément, dans le volume total de la cartouche, l'explosif au chlorate de potasse et le trinitrotoluène du cordeau.

Exemples :

Cartouches de $34^{mm},6$... 0,17 = 0,08 (trinitrotoluène) + 0,03 (vide central) (1) + 0,06

Cartouches de 30^{mm}..... 0,21 = 0,09 (trinitrotoluène) + 0,05 (vide central) + 0,07

IV. — Influence de l'amorçage au cordeau sur le rendement des explosifs.

Explosifs P *et* S. — Les résultats des essais entrepris dans la terre sont donnés dans le Tableau ci-contre :

(1) En tenant compte du trinitrotoluène du cordeau, soit 0,2 de la charge.

Digitized by Google

NUMÉRO l'essai	NUMÉRO du trou de mine.	AMORÇAGE.	RAPPORT du poids d'explosif du cordeau à celui de la charge.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{V'}$ (lit. : gr.)	RAPPORT $\frac{V}{V'}$ des globes obtenus avec et sans cordeau.	OBSERVATIONS.
		EXPLOSIF P. 24 *février* 1909, $t = +1°$.						
107	131	1g,50 de fulminate plus 0m,30 de cordeau au trinitrotoluène latéralement.	0,035	1,14	200g	0,48	1,06	
108	134			1,14	»	0,36		
105	130	1g,50 de fulminate.	//	1,13	»	0,37		
106	133			1,13	»	0,44		
		EXPLOSIF S. 4 *septembre* 1909, $t = +18°$.						
209	301	1g,50 de fulminate plus 0m,29 de cordeau au trinitrotoluène, dans l'axe.	0,04	1,13	175	0,67	1,03	
212	307			1,13	»	0,66		
210	302	1g,50 de fulminate.	//	1,13	»	0,63		
211	306			1,16	»	0,66		
		EXPLOSIF S. 7 *septembre* 1909, $t = +16°$.						
221	194	1g,50 de fulminate plus 0m,30 de cordeau au trinitrotoluène, dans l'axe.	0,04	1,07	175	0,52	1,04	
224	200			1,10	»	0,45		
222	195	1g,50 de fulminate.	//	1,11	»	0,49		
223	199			1,12	»	0,55		
		EXPLOSIF S. 8 *septembre* 1909, $t = +15°$.						
225	311	1g,50 de fulminate plus 0m,28 de cordeau au trinitrotoluène, dans l'axe.	0,035	1,04	175	0,60	1,06	
228	317			1,03	»	0,57		
226	312	1g,50 de fulminate.	//	1,02	»	0,57		
227	316			1,02	»	0,54		

L'augmentation moyenne de rendement due au cordeau est de 5 pour 100, ou plutôt de 1 pour 100 si l'on tient compte des 4 pour 100 de l'explosif du cordeau.

L'effet est donc négligeable.

Steelites. — Les mêmes expériences ont été entreprises avec

Digitized by Google

deux Steelites présentant les compositions suivantes (Étude 218) :

Steelite 3	Chlorate de potasse.....	75	100
	Résidée.....	25	
Steelite 7	Chlorate de potasse.....	87,50	100
	Résidée.....	12,50	

La Steelite 3 dégage de l'oxyde de carbone en forte proportion. Au contraire, la Steelite 7 contient environ 26 pour 100 de chlorate en excès.

Dans la dernière série d'essais (11 septembre 1909), les cartouches ont été amorcées avec deux cordeaux disposés au contact, dans l'axe de la cartouche, et amorcés tous deux au fulminate. On a vérifié à l'air libre, par le sillon tracé sur une plaque de plomb, que la détonation des deux cordeaux est complète :

NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du tron de mine.	AMORÇAGE.	RAPPORT du poids d'explosif du cordeau à celui de la charge.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (lit : gr.).	RAPPORT $\frac{V}{P}$ des globes obtenus avec et sans cordeau.	OBSERVATIONS.
		STEELITE 3. 18 *juin* 1909, $t = +19°$.						
191	227	1g,50 fulminate, plus		1,02	200g	0,28		La différence de dureté du sol aux nos 227-228 et 232-233 était très nette au déblaiement.
194	233	0m,34 de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,03	1,02	»	0,47	0,97	
192	228	1g,50 de fulminate.	//	1,02	»	0,31		
193	232			1,02	»	0,46		
		STEELITE 7. 18 *juin* 1909.						
195	229	1g,50 fulminate, plus		1,01	200	0,36		Même observation que ci-dessus pour 229-230 et 234-235.
198	235	0m,34 de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,03	1,01	»	0,50	1,20	
196	230	1g,50 de fulminate.	//	1,02	»	0,31		
197	234			1,01	»	0,41		
		STEELITE 3. 4 *septembre* 1909, $t = +18°$.						
213	303	1g,50 fulminate, plus		1,02	175	0,36		
216	309	0m,30 de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,03	1,04	»	0,55	1,04	
214	304	1g,50 de fulminate.	//	1,07	»	0,55		
215	308			1,06	»	0,51		

Digitized by Google

NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du tron de mine.	AMORÇAGE.	RAPPORT du poids d'explosif du cordeau à celui de la charge.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (lit. : gr.)	RAPPORT $\frac{V}{P}$ des globes obtenus avec et sans cordeau.	OBSERVATIONS.
STEELITE 7. 4 *septembre* 1909.								
217	305	1g,5o fulminate, plus 0m,3o de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,03	1,04	175g	0,52	1,17	
220	431			1,02	»	0,53		
218	426	1g,5o de fulminate.	//	1,03	»	0,44		
219	310			1,04	»	0,46		
STEELITE 3. 11 *septembre* 1909, $t = +18°$ (cordeau double).								
245	323	3g,0 fulminate, plus 0m,5o de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,05	1,05	175	0,58	1,08	
248	329			1,04	»	0,56		
246	324	1g,5o de fulminate.	//	1,03	»	0,54		
247	328			1,02	»	0,51		
STEELITE 7. 11 *septembre* 1909 (cordeau double).								
241	325	3g,0 fulminate, plus 0m,5o de cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,05	1,05	175g	0,61	1,26	Au déblaiement du globe 451, on trouve au fond et au-dessus deux grosses pierres qui ont pu diminuer le volume du globe.
244	451			1,04	»	0,53		
242	446	1g,5o de fulminate.	//	1,02	»	0,45		
243	330			1,01	»	0,46		

En ce qui concerne la Steelite 3, l'effet dû au cordeau est une augmentation de rendement de 3 pour 100, ou plutôt une diminution de 1 pour 100 si l'on tient compte de la quantité d'explosif que contient le cordeau.

Avec la Steelite 7, on constate un accroissement de rendement de 17 à 26 pour 100 et qui est d'autant plus fort qu'on emploie une plus grande longueur de cordeau. Ce résultat s'explique par la combustion des produits de détonation du cordeau dans ceux de l'explosif suroxygéné.

Digitized by Google

Explosif suroxygéné du type Favier. — Enfin, on a étudié l'influence du cordeau sur le rendement d'un explosif au nitrate d'ammoniaque ayant la composition suivante :

Nitrate d'ammoniaque.....	93
Trinitrotoluène.....	7

et dont la température de détonation, calculée d'après les Circulaires du Ministère des Travaux publics, est de 1552°.

On a amorcé les cartouches avec un double cordeau à l'acide picrique. Dans un premier essai, on a encartouché l'explosif dans des enveloppes de papier de 29^{mm}. Dans un second essai, afin d'éviter la présence de tout autre combustible que le cordeau, on a employé des enveloppes en laiton de 0^{mm},5 d'épaisseur; ce métal a d'ailleurs été retrouvé, sur les parois des globes, en morceaux plus ou moins bleuis.

NUMÉRO de l'essai.	NUMÉRO du trou de mine.	AMORÇAGE.	RAPPORT du poids d'explosif du cordeau à celui de la charge.	DENSITÉ de l'explosif.	POIDS de la charge.	RAPPORT $\frac{V}{P}$ (lit. : gr.).	RAPPORT $\frac{V}{P}$ des globes obtenus avec et sans cordeau.	OBSERVATIONS.
		11 *septembre* 1909, $t = +18°$ (enveloppes de papier).						
237	321	3^{g},0 fulminate, plus 0^{m},50 cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,053	0,97	162^{g}	0,42	1,50	Ce coefficient de 1,50 s'abaisse à 1,4 si l'on tient compte de l'explosif du cordeau.
240	317			0,97	162	0,42		
238	322	1^{g},50 de fulminate.	//	1,01	175	0,26		
239	326			0,97	175	0,30		
		2 *octobre* 1909, $t = +14°$ (enveloppes de laiton).						
329	418	3^{g},0 fulminate, plus 0^{m},62 cordeau à l'acide picrique, dans l'axe.	0,053	0,97	197,5	0,56	1,50	Id.
332	424			0,97	200	0,57		
330	419	1^{g},50 de fulminate.	//	0,99	200	0,37		
331	423			0,99	200	0,38		

Comme pour la Steelite 7, ces résultats s'expliquent par la combustion des produits de détonation du cordeau dans l'oxygène en excès de l'explosif.

Digitized by Google

V. — Résumé.

Rendement. — L'amorçage au cordeau détonant n'accroît pas le rendement des explosifs à combustion incomplète ou strictement complète. Tel est le cas des explosifs P et S, qui ne contiennent qu'un excès d'oxygène négligeable. Au contraire, il augmente le rendement des explosifs suroxygénés, par suite d'une réaction entre les produits de détonation du cordeau et de l'explosif.

Efficacité de l'amorçage. — D'après l'étude entreprise sur l'explosif P, l'amorçage central au cordeau permet d'augmenter la densité limite de l'explosif. Cet accroissement est légèrement supérieur à celui qui résulterait de la répartition uniforme, dans le volume total des cartouches, du trinitrotoluène du cordeau et de l'explosif chloraté.

Explosif P. — En cartouches peu comprimées et amorcées au fulminate, cet explosif présente des garanties suffisantes de détonation complète. L'amorçage au cordeau ne paraît, dès lors, présenter aucun intérêt, puisqu'il accroît notablement le prix des charges sans augmenter le travail produit.

D'autre part, les cartouches de l'échantillon Davey sont trop comprimées et ne détonent pas complètement avec l'amorçage au cordeau.

Explosif S. — Les cartouches de l'échantillon présenté sont également trop comprimées et ne détonent qu'incomplètement. Il serait nécessaire de diminuer la compression et de ramener les densités au voisinage de 1,60.

Conservation.

Aucune réaction n'étant à redouter entre le chlorate et la paraffine, on ne s'est occupé que du tassement des cartouches.

Étuvage à 30°-40°. — On a encartouché les trois explosifs P, S

Digitized by Google

et cheddite dans des tubes de cuivre de 20^{mm}-22^{mm} aux diverses densités :

Cheddite 60, 4e formule, tout venant
formé de grains et de poussier... $\Delta = 1,34-1,34-1,41-1,42-1,45-1,50$
Explosif P..... $\Delta = 1,23-1,25-1,36-1,39$
Explosif S..... $\Delta = 1,17-1,19-1,33-1,35$

Les densités choisies pour chaque explosif sont voisines de la densité limite ou très inférieures à cette densité.

Ces tubes ont été disposés verticalement dans une étuve chauffée successivement 6 jours à 30°, 8 jours à 35° et 6 jours à 40° et l'on a observé le tassement de la matière.

On n'a observé aucun tassement sur les cartouches de cheddite et d'explosif P. Au contraire, avec l'explosif S, il s'est produit un tassement considérable, comme l'indique le Tableau suivant :

DENSITÉ initiale.	DENSITÉS DE L'EXPLOSIF S APRÈS :			
	1 jour à 30°.	6 jours à 30°.	6 jours à 30° + 8 jours à 35°.	6 jours à 30° + 8 jours à 35° + 6 jours à 40°.
1,17.....	1,51	1,53	1,53	1,56
1,19.....	1,47	1,51	1,51	1,55
1,33.....	1,44	1,50	1,50	1,58
1,35.....	1,49	1,64	1,64	1,64

Même encartouché à la densité de 1,60, cet explosif peut donc encore se tasser à la température de 30°, dans un temps relativement faible.

Conservation de l'explosif P. — Les cartouches comprimées de l'échantillon examinées en septembre 1909, après 8 mois de conservation, n'ont subi ni tassement ni déformation. On a constaté sur quatre cylindres de 50^g des densités de 1,57, 1,60, 1,59, 1,53.

On a également examiné deux cartouches du même explosif (90 parties chlorate de potasse et 10 parties paraffine) encartouchées en mai 1904 et conservées, depuis, dans un dépôt de la Poudrerie de Sévran.

Digitized by Google

1° *Cartouche peu tassée, conservée horizontalement.* — La matière s'est légèrement affaissée; sa densité actuelle est de 1,18 ($p = 100^g,2$; $d = \frac{29^{mm},8 + 27^{mm},4}{2}$; $l = 132^{mm}$).

2° *Cartouche comprimée.* — La matière n'a subi aucune déformation; sa densité actuelle est de 1,70 ($p = 100^g,0$; $d = 34^{mm},7$; $l = 64^{mm}$; trou central de 6^{mm}).

Ces constatations, jointes aux résultats de l'épreuve d'étuvage à 30°-40° et à ceux de compressibilité, montrent que l'explosif P présente, au point de vue de la conservation, des garanties au moins égales à celles des cheddites.

Conservation de l'explosif S. — Les cartouches comprimées de l'échantillon examinées en septembre 1909, après 6 mois de conservation, ont subi un léger aplatissement; la cartouche et son trou central ont pris une forme elliptique. On a constaté sur quatre demi-cartouches des densités de 1,71, 1,74, 1,73, 1,65, un peu supérieures à celles qu'on avait mesurées à la réception des échantillons.

Ces constatations, jointes aux résultats de l'épreuve d'étuvage à 30°-40° et à ceux de compressibilité, montrent tout d'abord qu'à l'état de cartouches peu tassées et amorcées au fulminate, l'explosif S est inutilisable.

Faisant abstraction du prix de revient de l'amorçage, un doute subsiste pour les cartouches comprimées amorcées au cordeau détonant. D'une part, pour que la détonation des cartouches soit complète, il faut que la densité des cartouches ne dépasse guère 1,60. Il faut, d'autre part, que cette densité soit supérieure à 1,60 pour éviter le tassement et la déformation des cartouches. Peut-être est-il possible de satisfaire à ces deux conditions avec $\Delta = 1,62$ environ.

De telles cartouches deviendraient d'ailleurs facilement inutilisables par une légère reprise d'humidité ou par une déformation causée par un choc léger, tel qu'une chute de 1^m de hauteur sur le sol.

Digitized by Google

CONCLUSIONS.

Par dépêche n° 9928$_6$ du 25 novembre 1908, M. le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'une demande formée par MM. Davey, Bickford, Smith et C^{ie}, à l'effet d'obtenir la fabrication par l'Etat de deux nouveaux explosifs présentant les compositions suivantes :

Chlorate de potasse	90	pour 100
Paraffine	10	
Chlorate de soude	89	pour 100
Paraffine	11	

L'avis de la Commission était demandé sur les garanties que présentent ces deux explosifs au point de vue de la préparation, de la conservation et de l'emploi et, en outre, en ce qui concerne l'explosif au chlorate de soude, sur l'intérêt que pourrait présenter sa fabrication et sa mise en vente par l'Etat.

La Commission a reçu de la maison Davey des échantillons d'explosifs en cartouches comprimées, ainsi que le cordeau détonant au trinitrotoluène destiné à l'amorçage de ces cartouches. Elle a envisagé, non seulement le mode spécial d'emploi préconisé par les pétitionnaires, mais encore l'amorçage ordinaire au fulminate. L'étude entreprise l'a conduite à formuler les conclusions suivantes :

1° *Explosif au chlorate de potasse.*

L'amorçage au cordeau détonant ne paraît pas plus avantageux que l'amorçage ordinaire au fulminate, et ce dernier mode d'emploi a été seul retenu.

Le nouvel explosif présente, au point de vue de la préparation, de la conservation et de la sécurité d'emploi, des garanties suffisantes et au moins égales à celles de la cheddite O n° 2. Mais il est un peu moins puissant, un peu moins dense et, à puissance égale, un peu plus cher, circonstances qui pourraient contrarier le développement de sa consommation.

Digitized by Google

2° *Explosif au chlorate de soude.*

Avec l'amorçage au fulminate, cet explosif présente, au point de vue de la conservation et de l'emploi, des garanties tout à fait insuffisantes.

L'amorçage au cordeau détonant permet de remédier, en partie, à ces inconvénients, en faisant vraisemblablement perdre, d'ailleurs, l'avantage économique recherché dans l'emploi du chlorate de soude.

En conséquence, il n'y pas intérêt, pour l'État, à entreprendre la fabrication de cet explosif.

Paris, le 14 octobre 1909.

Le Rapporteur,
H. DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des Substances explosives, dans sa séance du 14 octobre 1909.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

COMMUNICATIONS DIVERSES.

Sous la rubrique *Communications diverses*, le *Mémorial* publiera :

Chapitre I. — Des questions ou critiques ayant pour objet soit de provoquer des éclaircissements ou explications de la part des auteurs d'articles déjà parus, soit de susciter de fructueux échanges d'idées entre les lecteurs sur toute question nouvelle.

Chapitre II. — Les réponses faites aux questions posées ou aux critiques adressées aux auteurs.

Toute Communication à insérer dans cette partie du *Mémorial* devra parvenir au Président du Comité de direction signée de son auteur, comme d'ailleurs tout Mémoire adressé au *Mémorial*.

Cependant, afin de laisser la plus grande liberté possible pour la polémique, le Comité de direction publiera la Communication soit sans signature, soit sous la signature vraie ou sous un pseudonyme, au gré de l'auteur.

FIN DU TOME XV.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE.

Note sur la conservation de la poudre B, par M. LHEURE..... 1

Note sur la décomposition des poudres B par la chaleur, par M. G. PATART..... 39

Étude de la dénitration du coton-poudre et des poudres B, par M. P. VIEILLE..... 61

Note sur la dénitration sèche des poudres B sous l'influence des températures élevées. — Signification des épreuves de chauffage réglementaires, par M. P. VIEILLE..... 71

Action des vapeurs nitreuses sur les poudres B, par M. P. VIEILLE..... 89

Notices bibliographiques..... 115

Commission des Substances explosives. — Compte rendu des travaux pendant l'année 1908..... 117

Note sur des essais d'extinction d'alcool enflammé, par M. OLIÉ..... 160

Commission des Substances explosives. — Rapport sur le fonctionnement des explosifs pour mines grisouteuses et poussiéreuses..... 164

Commission des Substances explosives. — Annexe au rapport sur le fonctionnement des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses..... 171

Commission des Substances explosives. — Compte rendu des travaux pendant l'année 1909 (Extraits)..... 175

Commission des Substances explosives. — Extrait d'un rapport n° 215. Sur une demande de mise en vente d'un explosif du type N de la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques..... 203

Commission des Substances explosives. — Extrait d'un rapport n° 218. Sur la fabrication de nouveaux types d'explosifs chloratés de MM. Davey, Bickford, Smith et Cie..... 212

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE.

Bertrand : RAPPORT sur une demande de M. Claude, relative à un procédé de fabrication de l'hydrogène, 124.

Bruley : RAPPORT sur une demande de la *Compagnie des Chargeurs réunis* concernant le transport par mer du carbure de calcium, 178.

Commission des Substances explosives : COMPTE RENDU des travaux pendant l'année 1908, 117; RAPPORT sur le fonctionnement des explosifs pour mines grisouteuses et poussiéreuses, 164; ANNEXE au rapport sur le fonctionnement des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses, 171; COMPTE RENDU des travaux pendant l'année 1909, 175; EXTRAIT d'un Rapport sur une demande de mise en vente d'un explosif du type N de la *Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques*, 203; EXTRAIT d'un Rapport sur la fabrication de nouveaux types d'explosifs chlorates de MM. *Davey, Bickford, Smith et C^ie^*, 212; RAPPORTS DIVERS : *voir* **Bertrand, Bruley, Dautriche, Lheure** et **Liouville.**

Dautriche : RAPPORT sur l'étude des fusées grêlifuges Aulagne et C^ie^, 118; RAPPORT sur une demande de modification de la composition de la dynamite n° 2 de Cugny, 119; RAPPORT sur une demande d'autorisation de fabriquer deux nouveaux types de dynamite, 120; RAPPORT sur l'étude d'un nouveau type d'explosif chloraté Street (cheddite n° 60 N, au chlorate de soude), 122; RAPPORT sur l'étude d'un nouveau modèle de fusées paragrêles présenté par M^me^ V^ve^ Floutier, 125; RAPPORT sur le fonctionnement des explosifs pour mines grisouteuses et poussiéreuses, 127; RAPPORT sur l'établissement d'un programme d'expériences pour l'utilisation des explosifs Street sans emploi à la Poudrerie de Sevran, 129; RAPPORT sur l'examen d'un nouvel explosif dit *Prométhée granulé*, présenté par M. Larrüe, 130; RAPPORT sur une demande d'autorisation de fabrication d'un type de dynamite dite *gélatinée* n° 2, 132; RAPPORT sur l'étude d'un nouveau type d'explosif chloraté Street (type 60 N modifié, au chlorate de soude), 135; RAPPORT sur une demande de fabrication par l'État des explosifs dénommés *Sébomites*, 137; RAPPORT sur une demande de MM. Collombert frères, pour la fabrication d'un type de fusées paragrêles, 140; RAPPORT sur une demande d'autorisation pour la fabrication de trois nouveaux types de dynamite au dinitrotoluol, 142; RAPPORT sur l'étude de nouvelles formules d'explosifs du type N, 143; RAPPORT sur le trempage en poudrerie de l'explosif O n° 3 ou *Prométhée comprimé*, 148; RAPPORT sur une demande de mise en vente d'un explosif du type N, de la *Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques*, 150; RAPPORT sur une demande d'autorisation de fabrication d'un type de dynamite dénommée *Cugnite*, 175; RAPPORT sur l'étude d'un dépôt de dynamite d'une contenance maximum de 25^kg^, 177; RAPPORT sur le classement des projectiles chargés en schneidérite au point de vue du transport, 178; RAPPORT sur une demande d'autorisation de fabriquer l'explosif Steelite, 181; RAPPORT sur l'étude

Digitized by Google

des fusées paragrèles de M. Berthier, 185; RAPPORT sur la fabrication de nouveaux types d'explosifs chloratés, de MM. *Davey, Bickford, Smith et Cie*, 187; RAPPORT sur les grisoutines au salpêtre de la *Société générale pour la fabrication de la dynamite*, 188; RAPPORT sur les grisoutines au salpêtre de la *Société française des Explosifs*, 189; RAPPORT sur les grisoutines au salpêtre de la *Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques*, 190; RAPPORT sur l'emploi de mélanges de cheddite et de poudre noire, 193.

Lheure : NOTE SUR LA CONSERVATION DE LA POUDRE B, 1; RAPPORT sur la détermination des explosifs pouvant être introduits dans les dépôts, 133.

Liouville : COMPTE RENDU des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1908, 117; RAPPORT sur une demande d'autorisation formulée par M. Mourlot père, 117; COMPTE RENDU de la Commission des substances explosives pendant l'année 1909.

Olié : NOTE SUR DES ESSAIS D'EXTINCTION D'ALCOOL ENFLAMMÉ, 160.

Patart : NOTE SUR LA DÉCOMPOSITION DES POUDRES B PAR LA CHALEUR, 39.

Vieille : ÉTUDE SUR LA DÉNITRATION DU COTON-POUDRE ET DES POUDRES B, 61; NOTE SUR LA DÉNITRATION SÈCHE DES POUDRES B SOUS L'INFLUENCE DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES. — SIGNIFICATION DES ÉPREUVES DE CHAUFFAGE RÉGLEMENTAIRES, 71; ACTION DES VAPEURS NITREUSES SUR LES POUDRES B, 89.

FIN DE LA TABLE DU TOME XV.

13616 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.

Digitized by Google

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
46958 Quai des Grands-Augustins, 55.

Digitized by Google

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'AUTORISATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME SEIZIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55

—

1911-1912

Digitized by Google

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés
pour tous pays.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

EXTRAIT D'UN RAPPORT N° 228.

SUR UN NOUVEAU TYPE D'EXPLOSIF PROPOSÉ PAR LA SOCIÉTÉ ANONYME D'EXPLOSIFS ET DE PRODUITS CHIMIQUES (1).

Dans son Rapport n° 210 du 10 décembre 1908, la Commission a étudié un explosif formé de 70 parties de nitrate de soude et 30 parties de trinitronaphtaline.

Cet explosif présente, au point de vue de la sécurité et de la conservation, des garanties analogues à celles des poudres du type N. Sa force est relativement faible, mais son prix de revient peu élevé semble lui donner, au moins dans les terrains peu résistants, une supériorité économique appréciable sur la poudre Favier n° 1 et sur la cheddite. Toutefois, sa sensibilité insuffisante à l'amorce paraît s'opposer à son utilisation avantageuse dans les exploitations minières.

La Commission émettait donc l'avis qu'il n'y avait pas lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de cet explosif. Elle estimait, toutefois, que l'amélioration de ses propriétés explosives ne semblait pas impossible.

.....

A la suite de cet avis, la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques propose une nouvelle formule :

Nitrate de soude.....	58	pour 100.
Trinitronaphtaline.....	27	
Nitrate d'ammoniaque.....	15	

(1) Explosif type N n° 3. (*Note de la Rédaction*).

Digitized by Google

dans laquelle le nitrate d'ammoniaque a été introduit en vue d'augmenter sa sensibilité. C'est cette demande qui est communiquée à la Commission, pour examen et avis, par dépêche ministérielle n° 7030-6 du 27 août 1909.

L'avantage économique attribué à l'ancienne formule paraissant devoir subsister pour le nouvel explosif, la Commission a estimé qu'il était suffisant d'étudier la sensibilité de cet explosif. L'étude est divisée en trois parties :

1° Sensibilité à l'amorce ;
2° Hygroscopicité ;
3° Force en vase clos.

Le Rapport se termine par un résumé et des conclusions.

I. — Sensibilité a l'amorce.

Échantillons. — La poudrerie de Sevran a reçu, le 4 novembre 1909, un échantillon de 20^{kg} d'explosif provenant de Billy-Berclau. C'est une matière jaune, encartouchée, comme la poudre Favier-couche, sous trois enveloppes ; les cartouches sont réunies en paquets paraffinés de 2^{kg},500 environ. La matière, qui est pulvérulente, ne conserve la forme cylindrique que par le soutien de son enveloppe, de telle sorte que les chiffres du tableau suivant, relatifs aux dimensions de la matière nue, ne sont qu'approximatifs.

Poids d'une cartouche avec ses trois enveloppes	100^{g},7	101^{g},2	102^{g},4
Longueur	9^{cm},5	9^{cm},5	9^{cm},5
Diamètre	35^{mm} à 40^{mm}	34^{mm} à 42^{mm}	35^{mm} à 39^{mm}
Poids d'une cartouche avec 2 enveloppes	97^{g},7	98^{g},3	99^{g},5
Poids d'une cartouche avec 1 enveloppe	93^{g},6	94^{g},7	95^{g},4
Poids (de la matière nue (chiffres approximatifs))	91^{g},6	92^{g},5	92^{g},6
Longueur	81^{mm} environ	83^{mm} env.	81^{mm} env.
Diamètre	35^{mm} env.	35^{mm},5 env.	34^{mm},8 env.
Densité	1,18 env.	1,19 env.	1,21 env.
Humidité à 60°	0,68 pour 100	0,60 pour 100	

Sensibilité à l'amorce des cartouches de l'échantillon. — A l'air libre et sur feuilles de plomb, on a obtenu les résultats suivants :

Digitized by Google

Détonateur au fulminate pur, de $0^g,25$: raté (2 essais).

Détonateur au fulminate pur, de $0^g,50$: détonation complète (2 essais).

Transmission de la détonation. — Deux cartouches étant disposées dans le prolongement l'une de l'autre, à distance variable, à l'air libre, sur feuilles de plomb, et la première étant amorcée avec $1^g,50$ de fulminate pur, on a observé les résultats suivants :

$d = 2^{cm}$....	la seconde cartouche détone
3....	Id.
4....	la seconde cartouche détone (1 essai)
4....	la première seule détone (1 essai)
5....	Id.
6....	Id.

Vitesses de détonation. — L'explosif a été réencartouché dans des étuis de papier de 29^{mm} de diamètre et 18^{cm} de longueur. Le

Fig. 1.

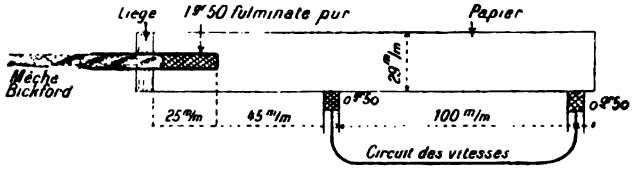
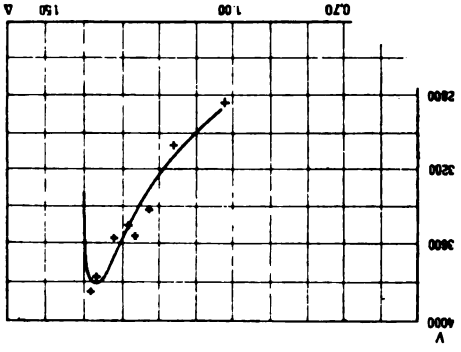


Fig. 2.



dispositif expérimental est représenté par la figure 1. Les résultats obtenus sont donnés par le graphique 2 et le tableau suivant.

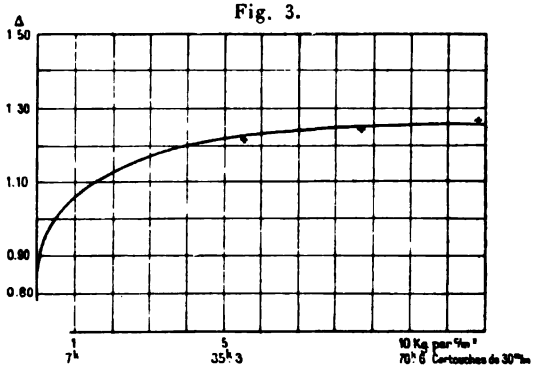
Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	PRESSION d'encartouchage.	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSES de détonation.	OBSERVATIONS.
	kg			Cordeau type :
	0,59	1,04	2820	échantillon 1-1907,
22 novembre 1909,				S.L.(V= 6880m).
$t = +1°$.	10	1,17	3058	
	37	1,24	3406	
	au maillet	1,28	3510	
27 novembre,	Id.	1,27	3584	
$t = +2°$.	Id.	1,32	3584	
	au maillet	1,37	3780	
	Id.	1,38	3822	
29 novembre,	Id.	1,42	"	La cartouche détone sur 4cm environ.
$t = +9°$.	Id.	1,44	"	Faible détonation au voisinage de l'amorce.

La densité-limite déduite de ces essais est voisine de 1,40; pour l'explosif précédemment étudié, au nitrate de soude et à la nitronaphtaline, elle n'était guère supérieure à 1,25.

Compressibilité. — La matière de l'échantillon, c'est-à-dire à 0,6 pour 100 environ d'humidité, a été comprimée sous diverses

Fig. 3.



pressions dans des tubes de cuivre de 20mm-22mm de diamètre et 18cm de longueur. On a obtenu les résultats suivants :

Pression totale.....	0	15kg	27kg	37kg
Densité obtenue.....	0,90	1,21	1,24	1,27

Digitized by Google

La courbe de compressibilité ainsi obtenue est figurée dans le graphique 3.

A la presse hydraulique, dans un tube de 29^{mm} et sous une pression totale voisine de 200^{kg}, on a obtenu une densité de 1,43.

En résumé : le nouvel explosif aux nitrates de soude et d'ammoniaque présente plus de garanties de détonation complète que l'explosif précédemment étudié au nitrate de soude seul. Il est encartouché à une densité voisine de 1,20 et à une humidité de 0,6 pour 100 environ ; dans ces conditions, sa densité-limite est de 1,40 et n'est obtenue que par une pression de près de 200^{kg}, appliquée sur les cartouches de 30^{mm}.

La détonation complète des charges paraît donc bien assurée pourvu qu'il n'y ait pas d'intervalle excessif entre les cartouches. Un fonctionnement défectueux ne paraît guère devoir résulter que d'une reprise d'humidité de la matière.

II. — Hygroscopicité.

On a étudié :

1° L'influence de l'humidité sur l'aptitude à la détonation du nouvel explosif;

2° Les reprises d'humidité dans des atmosphères plus ou moins saturées;

3° L'efficacité de l'encartouchage étanche de l'échantillon présenté.

Vitesses de détonation de l'explosif humide. — On a conservé le dispositif expérimental décrit dans la première partie de ce Rapport, et l'on a mesuré les vitesses de détonation de l'explosif sous divers états d'humidité. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant et le graphique 4.

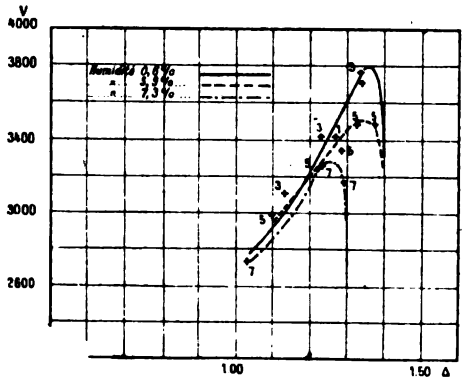
Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	PRESSION d'encartouchage.	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSES de détonation.	OBSERVATIONS.
		1° *Humidité*, 1,8 *pour* 100.		
1er décembre 1909, $t = +5°$.	5 kg	1,11	2990 m	Cordeau type : échantillon 1-1907 SL.
	27	1,27	3406	
	au maillet.	1,33	3660	
		2° *Humidité*, 3,8 *pour* 100.		
6 décembre 1909, $t = +5°$.	5	1,14	3100	
	15	1,23	3406	
	42	1,34	3780	
		3° *Humidité*, 5,9 *pour* 100.		
14 décembre 1909. $t = 0°$.	2	1,11	2956	
	5	1,21	3245	
	10	1,29	3356	
	13	1,33	3475	
	15	1,37	3475	
	27	1,44	//	Faible détonation au voisinage de l'amorce.
		4° *Humidité*, 7,3 *pour* 100.		
1er février 1909. $t = -1°$.	2	1,04	2703	
	10	1,23	3276	
	15	1,29	3185	
	22	1,34	//	La cartouche détone sur 5cm environ.
	27	1,39	//	La cartouche détone sur 4cm environ.
		5° *Humidité*, 10,6 *pour* 100.		
11 janvier 1910. $t = +7°$.	0,63	1,36	//	Raté.
	2	1,44	//	A cette humidité, l'explosif est à l'état de pâte.
	15	1,70	//	

Digitized by Google

On voit qu'aux faibles densités, l'humidité n'a qu'une influence négligeable sur les vitesses de détonation. Aux fortes densités, les vitesses sont diminuées, ainsi que la densité-limite; toutefois,

Fig. 4.



l'action ne devient guère appréciable qu'à partir de 5 pour 100 d'humidité. A 7 pour 100, la courbe (V, Δ) est fortement modifiée et, à 10 pour 100, l'explosif est tout à fait insensible au fulminate.

Il ne faut pas oublier, cependant, que les valeurs données pour les densités, dans le tableau précédent, se rapportent à l'explosif humide, et que si l'on rapportait les densités aux poids de matière sèche, l'abaissement des densités-limites serait plus accentué.

Humidité.....		0,6 p. 100.	5,09 p. 100.	7,3 p. 100.
Densité limite rapportée.	à l'explosif humide.	1,40 environ.	1,39 environ.	1,30 environ.
	à l'explosif sec.	1,39	1,30	1,20

Le nouvel explosif paraît susceptible de reprendre plus de 5 pour 100 d'humidité sans cesser de fonctionner d'une manière satisfaisante.

Compressibilité de l'explosif humide. — Pour construire les couches de compressibilité aux diverses humidités, on a d'abord utilisé les valeurs obtenues dans les étuis de papier de 29^{mm} de diamètre; ces valeurs ont été données dans le tableau précédent. Toutefois, les résultats obtenus à l'humidité de 7,3 pour 100 ne

Digitized by Google

correspondent pas suffisamment avec les autres et ont été négligés.

On a fait, en outre, quelques essais de compression dans les tubes de cuivre de 20^{mm}-22^{mm} de diamètre et 18^{cm} de longueur.

1° *Matière séchée à refus.*

Pression totale.....	2^{kg}	27^{kg}	37^{kg}
Densité.....	1,03	1,17	1,19

2° *Matière à 3,8 pour 100 d'humidité.*

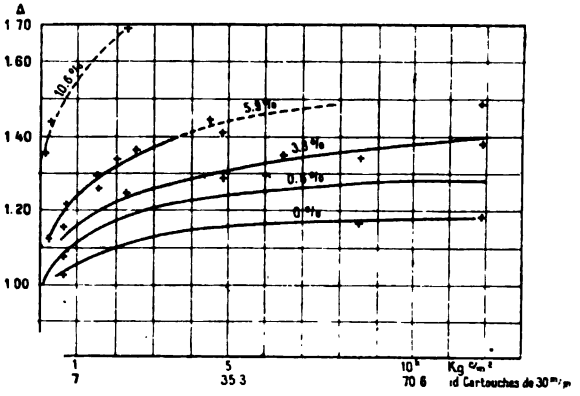
Pression totale...	2^{kg}	15^{kg}	27^{kg}	37^{kg}
Densité.....	1,08	1,29	1,35	1,38

3° *Matière à 5,9 pour 100 d'humidité.*

Pression totale...	2^{kg}	5^{kg}	15^{kg}	37^{kg}
Densité.....	1,14	1,26	1,41	1,49

L'ensemble de ces résultats permet de construire le graphique 5.

Fig. 5.



La compressibilité croît avec l'humidité, mais n'est pas excessive pour des teneurs en eau inférieures à 5 pour 100.

Exposition en atmosphères plus ou moins saturées. — 10^{g} d'explosif, préalablement desséchés, sont exposés sous cloche en présence d'acide sulfurique de concentration connue; on observe les reprises d'humidité et, après l'essai, on vérifie le degré de

Digitized by Google

l'acide, ainsi que le poids d'explosif sec. On a également exposé du nitrate de soude, du nitrate d'ammoniaque et un mélange formé de 95 parties de nitrate d'ammoniaque et 5 parties de nitrate de soude. Les humidités obtenues correspondent à des températures comprises entre 5° et 10° :

1° *Acide sulfurique à* 42° B, *soit* $\frac{f}{F} = 0,35$.

Humidité maximum, après 27 jours d'exposition... 0,2 pour 100

2° *Acide sulfurique à* 31° B, *soit* $\frac{f}{F} = 0,65$.

Humidité, après	1 jour.....	0,32 pour 100
Id.	3 jours.....	1,69
Id.	7 jours.....	3,00
Id.	13 jours.....	7,57
Id.	23 jours.....	12,84
Id.	34 jours.....	15,36
Id.	44 jours.....	17,60
Id.	55 jours.....	17,87
Id.	62 jours.....	18,13
Humidité maximum $\left(\frac{f}{F} = 0,65\right)$	.....	18 pour 100

3° *Acide sulfurique à* 20°,5 B, *soit* $\frac{f}{F} = 0,85$.

DURÉE D'EXPOSITION.	EXPLOSIF de Billy-Berclau.	NITRATE de soude.	NITRATE d'ammoniaque.	95 PARTIES nitrate d'ammoniaq. + 5 parties nitrate de soude.
	pour 100	pour 100	pour 100	pour 100.
1 jour.....	2,78	0,60	0,11	2,28
3 jours.....	8,77	0,69	0,19	6,95
7 jours.....	19,18	0,95	0,81	16,23
14 jours.....	33,05	1,18	6,86	29,59
21 jours.....	39,67	1,18	10,61	37,91
35 jours.....	47,96	1,31	19,78	55,13
49 jours.....	51,89	1,60	25,61	65,29
63 jours.....	53,17	1,37	34,35	71,19
70 jours.....	56,40	1,59	43,62	74,09
Humidité maximum $\left(\frac{f}{F} = 0,85\right)$.	>55	1,6	>45	>75

Digitized by Google

4° *Acide sulfurique à* 10° B, *soit* $\frac{f}{F} = 0,95$.

DURÉE D'EXPOSITION.	EXPLOSIF de Billy-Berclau.	NITRATE de soude.	NITRATE d'ammoniaque.	95 PARTIES nitrate d'ammoniaq. + 5 parties nitrate de soude.
	pour 100	pour 100	pour 100	pour 100
1 jour	3,43	1,09	0,44	2,78
4 jours	17,03	1,68	1,97	12,66
7 jours	24,36	2,36	6,05	20,94
14 jours	40,98	4,36	17,23	39,02
21 jours	53,83	5,17	31,73	58,20
28 jours	64,03	6,18	48,29	76,24
35 jours	74,74	8,36	67,82	88,31
42 jours	81,98	13,69	80,25	97,46
Humidité maximum $\left(\frac{f}{F} = 0,95\right)$.	>85	>14	>85	>100

Les résultats obtenus par la comparaison des divers mélanges hygroscopiques paraissent pouvoir être interprétés en disant que la vitesse initiale d'humidification croît avec le taux de nitrate de soude, mais que l'humidité maximum dépend surtout de la proportion de nitrate d'ammoniaque du mélange.

D'autre part, le nouvel explosif paraît susceptible de s'humidifier notablement, même par temps relativement sec. Un encartouchage étanche très soigné est donc indispensable.

Enfin, par suite de la grande hygroscopicité de cette matière, des précautions spéciales paraissent devoir être prises pour son encartouchage, par les temps chauds et humides.

Efficacité de l'encartouchage. — Quatre cartouches de l'échantillon, munies de leurs triples enveloppes, ont été exposées dans une caisse à moitié remplie de sciure de bois humide. Après des séjours de diverses durées dans cette atmosphère humide, on a constaté, sur la matière des cartouches, les humidités suivantes :

1re cartouche, exposée 21 jours : humidité... 1,21 pour 100
2e cartouche, exposée 35 jours : humidité... 2,42
3e cartouche, exposée 50 jours : humidité... 0,80
4e cartouche, exposée 76 jours : humidité... 1,02

Digitized by Google

L'encartouchage a donc été très efficace pour les échantillons 1, 3 et 4. Seule, la 2e cartouche a accusé une assez forte humidité après 35 jours d'exposition; l'humidité réalisée pour cette cartouche ne paraît, d'ailleurs, pas devoir empêcher la détonation complète des charges dans les trous de mine.

En résumé : l'explosif présenté, très hygroscopique, est susceptible de s'humidifier notablement, même par un temps relativement sec; un encartouchage étanche très soigné est donc indispensable, et des précautions spéciales paraissent devoir être prises pour la mise en cartouches, par temps chaud et humide.

D'autre part, un fonctionnement satisfaisant des charges, dans les trous de mine, semble devoir être obtenu jusqu'à l'humidité de 5 pour 100.

Enfin, l'encartouchage réalisé par la Société pétitionnaire paraît suffisamment efficace, et la protection en est encore accrue par le paraffinage des paquets de cartouches.

III. — Force.

Combustion en vase clos. — Les essais effectués au Laboratoire central des poudres, en décembre 1909, ont donné les résultats suivants :

DENSITÉ de chargement	HAUTEUR INITIALE du cylindre crusher.	HAUTEUR restante.	PRESSION.	MOYENNE des pressions.
	mm	mm	kg	kg
0,15	13,00	12,43	708	704
	12,67	12,44	700	
0,25	13,00	10,82	1796	1790
	11,93	10,84	1785	
0,30	13,00	10,00	2210	2229
	11,47	9,92	2248	

Les valeurs du covolume, déduites des trois groupes d'essais, sont les suivantes :

$$\left.\begin{array}{ll} 0,15 - 0,25, & \alpha = 2,27 \\ 0,15 - 0,30, & \alpha = 1,77 \\ 0,25 - 0,30, & \alpha = 0,57 \end{array}\right\} \text{ moyenne } 1,54.$$

Digitized by Google

Les deux premières valeurs sont très supérieures au covolume théorique $\alpha = 0{,}60$, calculé d'après la formule de décomposition ;

$$670{,}5\,AzO^3Na + 187{,}5\,Az^2O^3H^4 + 102{,}5\,C^{10}H^5Az^3O^8 = 335{,}25\,CO^3Na^2 + 689{,}75\,CO^2 + 631{,}25\,H^2O + 36{,}25\,O^2 + 676{,}5\,Az^2.$$

Ces différences peuvent être expliquées en admettant une combustion incomplète sous faible pression pour $\Delta = 0{,}15$. Dès lors, adoptant $\alpha = 0{,}7$ légèrement supérieur au covolume théorique, les résultats obtenus aux densités 0,25 et 0,30 donnent $f = 5875$.

Voici le tableau des comparaisons :

DENSITÉ DE CHARGEMENT.	PRESSIONS MESURÉES.	PRESSIONS CALCULÉES.
	kg	kg
0,15	704	984
0,25	1790	1780
0,30	2229	2231

Résumé et conclusions.

Par dépêche n° 703016 du 27 août 1909, M. le Ministre de la guerre a transmis à la Commission, pour examen et avis, une demande formée par la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques, en vue d'obtenir la mise en vente par l'État d'un explosif ainsi composé :

Nitrate de soude.....	58	100.
Trinitronaphtaline.....	27	
Nitrate d'ammoniaque.....	15	

Cette demande fait suite à l'avis défavorable émis par la Commission, dans ses Rapports n°s 210 et 215, sur la fabrication d'un explosif composé de 70 parties de nitrate de soude et 30 parties de trinitronaphtaline,

Se référant aux deux Rapports précités, la Commission a limité son examen à l'étude de l'aptitude à la détonation du nouvel explosif. Il résulte de cette étude que l'échantillon présenté possède des garanties suffisantes de bon fonctionnement. Cependant, cet explosif, très hygroscopique, est susceptible de s'humidifier

Digitized by Google

notablement, même par temps relativement sec. Des précautions spéciales paraissent donc devoir être prises pour sa mise en cartouches par temps chaud et humide. Enfin, un encartouchage étanche très soigné est indispensable : celui qui a été réalisé par la Société pétitionnaire semble satisfaisant.

En conséquence, la Commission émet l'avis qu'il y a lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de ce nouvel explosif.

Paris, le 10 mars 1910.

Le Rapporteur,
H. DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des Substances explosives, dans sa séance du 10 mars 1910.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

EXTRAIT D'UN RAPPORT N° 230.

SUR UN EXPLOSIF *N* A 5 POUR 100 DE SALPÊTRE (1).

Composition. — Le nouvel explosif présente la composition suivante :

Nitrate d'ammoniaque.....	90	pour 100.
Nitrate de potasse.....	5	
Trinitronaphtaline.....	5	

Il diffère de l'explosif N n° 1 a *bis* par la substitution de 5 pour 100 de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque. Précédemment, la Commission des substances explosives (Rapport n° 197 du 16 avril 1908) et la Commission du grisou (Rapport du 22 juillet 1909) ont conseillé cette substitution, en vue d'accroître la sécurité vis-à-vis du grisou.

Échantillons. — La poudrerie de Sévran a reçu, le 10 février 1910, un échantillon de 10^{kg} répartis en quatre paquets paraffinés de 2^{kg}, 500 environ. L'encartouchage, sous trois enveloppes, est identique à celui du Favier-couche ordinaire.

L'examen de deux cartouches a donné les résultats suivants :

Poids avec les 3 enveloppes.....	103^{g}, 1	102^{g}, 9
Poids avec 2 enveloppes.....	100^{g}, 0	100^{g}, 0
Poids avec 1 enveloppe.....	93^{g}, 8	93^{g}, 3
Poids de l'explosif.....	83^{g}, 7	83^{g}, 5
Longueur de l'explosif.....	13^{cm} environ	12^{cm}, 5 environ
Diamètre de l'explosif.....	29^{mm}, 3	30^{mm}, 0
Densité correspondante	0,95	0,95
Humidité (à 60°).....	0,11 pour 100	»

(1) Explosif type N n° 4. (*Note de la Rédaction.*)

Digitized by Google

Température de détonation. — Étant donnée la faible quantité de salpêtre entrant dans la composition du nouvel explosif, l'hypothèse de la formation de carbonate de potasse paraît la plus vraisemblable, la formule de décomposition est alors la suivante :

$$(A). \quad 1225\,Az^2O^3H^4 + 49{,}505\,AzO^3K + 19\,C^{10}H^5O^6Az^3 = 24{,}752\,CO^3K^2 + 165{,}248\,CO^2 + 2297{,}5\,H^2O + 467{,}631\,O^2 + 1178{,}252\,Az^2.$$

On pourrait envisager d'autres formules en supposant que le salpêtre ne soit pas décomposé ou se transforme en nitrite, ce qui influencerait relativement peu la température de détonation. On a fait le calcul dans le cas extrême où aucune parcelle de salpêtre n'est décomposée :

$$(B). \quad 1125\,Az^2O^3H^4 + 49{,}505\,AzO^3K + 19\,C^{10}H^5O^6Az^3 = 190\,CO^2 + 2297{,}5\,H^2O + 405{,}75\,O^2 + 1153{,}5\,Az^2 + 49{,}505\,AzO^3K.$$

On a adopté $C = 24{,}2$ pour la chaleur spécifique moléculaire de AzO^3K.

Enfin, les mêmes calculs ont été faits pour l'explosif 1 *a bis*, d'après la formule de décomposition

$$1187{,}5\,Az^2O^3H^4 + 19\,C^{10}H^5O^6Az^3 = 190\,CO^2 + 2422{,}5\,H^2O + 437\,O^2 + 1216\,Az^2.$$

Le tableau suivant donne les résultats des calculs; pour les températures de détonation, on a appliqué les Circulaires du Ministre des travaux publics, en date des 1er août 1890 et 29 août 1896.

	EXPLOSIF à 5 pour 100 de salpêtre.		EXPLOSIF 1 *a bis*.
	Formule A.	Formule B.	
Température de détonation t.....	1465°	1484°	1501°
Volume spécifique V_0.....	917 lit.-kil.	903 lit.-kil.	952 lit.-kil.
Covolume α.....	0,93	0,93	0,95
Potentiel (eau gazeuse) Q.....	528 cal.-kil.	541 cal.-kil.	559 cal.-kil.
Force théorique f.....	6030 kil.	6005 kil.	6390 kil.

Digitized by Google

On voit que la température de détonation de la nouvelle grisounite est inférieure à la limite réglementaire de 1500°.

Sensibilité à l'amorce. — Les essais de sensibilité à l'amorce ont donné les résultats suivants :

5 *mars* 1910, $t = 11°$.

Amorce de $0^g,25$ de fulminate : 1 raté, 3 détonations complètes.

D'autre part, une première cartouche étant amorcée à $1^g,50$, on a fait des essais de transmission de la détonation à une deuxième cartouche disposée dans le prolongement de la première, à des distances variables :

5 *mars* 1910, $t = 11°$.

La détonation se transmet à 4^{cm} (3 essais) et 6^{cm} (1 essai).

Elle ne se transmet pas à 5^{cm} (1 essai), ni à 6^{cm} (2 essais), ni à à 8^{cm} (1 essai).

Ces résultats sont identiques à ceux qui ont été antérieurement obtenus avec la grisounite-couche $1\,a^{bis}$ (Étude 208. — Rapport 207).

Hygroscopicité. — Cependant, ces essais ne suffisent pas pour déterminer la sensibilité pratique de l'explosif. Il faudrait, en outre, rechercher la densité-limite à partir de laquelle la détonation ne se transmet plus dans les cartouches enveloppées de papier et amorcées avec $1^g,50$ de fulminate. Toutes choses égales, d'ailleurs, plus cette densité sera élevée, plus les garanties de bon fonctionnement seront importantes; l'explosif pourra prendre, en effet, une plus grande humidité sans donner lieu à des détonations incomplètes.

Cette détermination, soit de la densité-limite de l'explosif sec, soit de l'humidité-limite sous densité normale, n'a pas été faite dans le cas présent. Elle ne pourrait guère, en effet, permettre de différencier la grisoutine au salpêtre de la grisoutine normale,

Digitized by Google

l'écart des résultats ne pouvant être très vraisemblablement que de l'ordre des erreurs d'expériences.

Toutefois, malgré cette équivalence des densités-limites, les garanties présentées par les deux explosifs deviendraient inégales si l'un d'eux était plus hygroscopique que l'autre. Tel serait, par exemple, le cas de la grisounite-couche comparée à une grisounite au nitrate de soude. L'addition même d'une faible quantité de ce nitrate peut, en effet, accroître considérablement la vitesse d'humidification de l'explosif au nitrate d'ammoniaque. On a vérifié que le même phénomène ne se produit pas avec le nitrate de potasse.

Les matières, préalablement desséchées, sont exposées sous cloche, en présence d'acide sulfurique de concentration connue et l'on observe les reprises d'humidité. On a ainsi comparé la grisounite au salpêtre de Billy-Berclau, une grisounite-couche n° 1 a^{bis} reçue de Saint-Denis le 25 février 1910, du nitrate d'ammoniaque, du nitrate de soude et des mélanges à base de nitrate d'ammoniaque contenant soit 5 pour 100 de nitrate de soude, soit 5 pour 100 de nitrate de potasse :

1° *Acide sulfurique à* 31° B, *soit* $\frac{f}{F} = 0{,}65$; $t = 6°$ *à* 12°.

DÉSIGNATION DE LA MATIÈRE.	HUMIDITÉ après une exposition de			
	4 jours.	7 jours.	11 jours.	14 jours.
Grisounite au salpêtre, de Billy-Berclau.....	0,12	0,11	0,11	0,13
Grisounite 1 *a bis*, de Saint-Denis.....	0,07	0,11	0,10	0,12
Nitrate d'ammoniaque.....	0,11	0,14	0,10	0,12
Nitrate de soude.....	0,83	0,85	0,83	0,90
95 nitrate d'ammoniaque + 5 nitrate de soude..	5,86	7,52	8,65	10,64
95 nitrate d'ammoniaque + 5 nitrate de potasse.	0,07	0,12	0,09	0,12

Digitized by Google

2° *Acide sulfurique à* 20°,5 B, *soit* $\frac{f}{F} = 0,85$.

DÉSIGNATION DE LA MATIÈRE.	HUMIDITÉ après une exposition de			
	1 jour.	4 jours.	7 jours.	14 jours.
Grisounite au salpêtre, de Billy-Berclau.....	1,97	7,81	13,60	23,83
Grisounite 1 *a bis*, de Saint-Denis.....	1,84	5,75	7,87	11,18
Nitrate d'ammoniaque.....	1,84	8,80	15,48	26,37
Nitrate de soude.....	1,64	2,10	2,44	2,59
95 nitrate d'ammoniaque + 5 nitrate de soude...	5,15	16,50	23,69	37,05
95 nitrate d'ammoniaque + 5 nitrate de potasse.	1,03	6,01	10,85	20,39

Force. — Les essais effectués au Laboratoire central des poudres, en février 1910, ont donné les résultats suivants :

DENSITÉ de chargement.	HAUTEUR CENTRALE du cylindre crusher.	HAUTEUR restante.	PRESSION.	MOYENNE des pressions.
	mm	mm	kg	kg
0,15	13,00	11,91	1106	1087
	12,43	11,96	1068	
0,20	13,00	11,02	1686	1725
	12,02	10,88	1764	
0,25	13,00	10,10	2162	2184
	11,50	10,01	2205	

Les valeurs du covolume déduites des trois groupes d'essais sont les suivantes :

$$\left.\begin{array}{ll} 0,15 - 0,20 & \alpha = 2,16 \\ 0,15 - 0,25 & \alpha = 1,35 \\ 0,20 - 0,25 & \alpha = 0,22 \end{array}\right\} \text{Moyenne} = 1,24$$

La moyenne 1,24 est supérieure à la valeur théorique 0,93.
En adoptant $\alpha = 1,0$, on obtient :

$$f = \frac{6160 + 6900 + 6542}{3} = 6534.$$

Digitized by Google

Voici le tableau des comparaisons :

Δ.	PRESSIONS EXPÉRIMENTALES.	PRESSIONS CALCULÉES.	DIFFÉRENCES.
	kg	kg	kg
0,15	1087	1158	+71
0,20	1725	1633	−92
0,25	2184	2178	− 6

Cette valeur est inférieure d'environ 10 pour 100 à celle qui a été précédemment obtenue pour la grisounite-couche 1 a^{bis} (Étude 208, Rapport 207).

Travail dans le plomb. — Le mode opératoire a été décrit dans un rapport précédent, sur l'explosif Steelite.

8 MARS 1910 ; $t = 10°$.

Blocs de la 11e série (plomb mou).

NUMÉRO de l'essai.	DÉSIGNATION DE L'EXPLOSIF.	$\frac{\Delta V}{P}$.
103	Grisounite au salpêtre, de Billy-Berclau.....	23,8
104		23,4
105	Grisounite-couche 1 *a bis*, de Saint-Denis...	23,6
106		24,3

Le résultat brut de la comparaison des deux explosifs est 1,04, le coefficient corrigé est 1,03.

En résumé, la grisounite à 5 pour 100 présente, par rapport à la grisounite-couche ordinaire, une infériorité de force de :

5 pour 100 d'après les évaluations théoriques,
10 » dans la bombe,
3 » dans le bloc de plomb.

Résumé et conclusions.

Le nouvel explosif présenté par la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques ne diffère de l'explosif N n° 1 a^{bis} que

Digitized by Google

par la substitution de 5 pour 100 de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque. La Commission des substances explosives et la Commission du grisou ont déjà conseillé cette substitution en vue d'accroître la sécurité vis-à-vis du grisou. La température de détonation du nouvel explosif est, d'ailleurs, inférieure à la limite réglementaire de 1500°.

Au point de vue de la sensibilité à l'amorce, les deux types de grisounite semblent équivalents.

Enfin, la force en vase clos du type salpêtré, $f = 6534$, est inférieure d'environ 10 pour 100 à celle du type sans salpêtre.

En conséquence, la Commission est d'avis qu'il y a lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de la nouvelle grisounite présentée par la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques.

Paris, le 14 avril 1910.

Le Rapporteur.
H. DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des substances explosives, dans sa séance du 14 avril 1910.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE,

Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

RAPPORT

DE LA

COMMISSION CENTRALE DU SERVICE DES POUDRES,

SUR LA COMPARAISON DES

POUDRES DE CHASSE FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

La dépêche de M. le Ministre de la Guerre, en date du 4 juillet 1908, a chargé la Commission centrale du Service des Poudres de comparer les poudres de chasse françaises et étrangères.

La Commission se trouvait mise, par sa composition même, en mesure de connaître à la fois les observations des tireurs, des armuriers et des techniciens.

Au cours d'une longue série de recherches, qui se sont étendues sur un intervalle de près de deux années, la Commission a eu constamment recours à la compétence bien connue de M. le Général Journée et, à défaut des installations du Laboratoire central des Poudres, mises momentanément hors d'état d'être utilisées, les moyens d'action et les appareils de M. le général Journée lui ont le plus souvent permis d'exécuter les expériences qu'elle avait en vue.

Au reste, et bien que les résultats acquis ne se rapportent pas à toutes les parties du programme de la Commission, les travaux de M. le général Journée constituent un ensemble imposant, qui dépasse sur bien des points, à la fois en étendue et en précision numérique, les comparaisons susceptibles d'être communiquées aux consommateurs. C'est dans ce fond que la Commission a puisé la plupart des observations suivantes qui y trouvent leur justification.

La Commission centrale des Poudres laissera de côté, dans ce rapport, tout ce qui touche au réglage des armes de chasse, aux effets des chokes, et même aux méthodes de mesure des vitesses

Digitized by Google

et des pressions; les divergences d'appréciation qui peuvent exister sur ces divers points sont intéressantes pour les spécialistes; le consommateur, obligé de s'en tenir à des appréciations plus grossières s'il veut s'en fier à son contrôle personnel, n'attache à ces questions qu'une importance secondaire et prend volontiers pour guide de ses préférences des constatations médiocrement précises, pourvu que le nombre des essais lui garantisse l'exactitude de ses conclusions.

A ce point de vue, les procédés de M. le général Journée et ceux qui sont en usage dans le Service des Poudres lui donnent une égale satisfaction.

Le point particulièrement soumis à la Commission était la comparaison des divers avantages réalisés par les poudres françaises et étrangères.

La Commission a été amenée à conclure que les poudres étrangères les plus réputées semblaient être en ce moment la mullérite et la ballistite.

En ce qui concerne les poudres noires, l'abondance de la fumée était le point qui préoccupait surtout la Commission; à ce point de vue, elle a essayé une poudre allemande, dite *au Cerf*, et une poudre suisse signalées comme remarquables, des poudres réglementaires françaises de Toulouse et de Sevran et certains échantillons préparés à Sevran avec une composition spéciale.

Le fonctionnement des poudres noires est à peu près indépendant des douilles employées; mais il n'en est pas ainsi pour les poudres pyroxylées sur lesquelles le mode d'amorçage a une influence notable. Pour ces dernières, la Commission a employé, tantôt des douilles de fabrication française ou belge, tantôt, pour les poudres étrangères, des cartouches chargées par les Sociétés anglaises qui fabriquent ces poudres (douilles Nobel ou Acmé).

Ces essais ont porté exclusivement sur le calibre 12.

Les cartouches étaient chargées, au compte-plomb, avec le plomb anglais usité pour le tir aux pigeons. Les charges de poudre avaient été réglées pour donner autant que possible la même vitesse. C'était,

pour la ballistite.....	1,80	environ
» mullérite.....	2,30	»
» T.....	2,50	»

Digitized by Google

En fait, dans le fusil du Laboratoire central des Poudres, calibre 12, la charge de 350 grains de plomb n° 6 anglais recevait la vitesse de 298^{m} avec la mullérite, 287^{m} avec la poudre T, 278^{m} avec la ballistite. Dans ces conditions, la pression, dans ce même fusil, s'élevait à 400^{kg} environ pour les cartouches chargées en poudre T, à 550^{kg} pour les cartouches de mullérite et 600^{kg} pour les cartouches de ballistite. La poudre T s'est donc montrée plus avantageuse que la mullérite et surtout que la ballistite, au point de vue des pressions nécessaires pour obtenir une vitesse donnée; cet avantage est d'ailleurs acheté aux prix d'une légère augmentation de la charge de poudre.

Un point important du programme de la Commission était de comparer les groupements obtenus, sous les mêmes vitesses, au moyen de la poudre T, de la mullérite et de la ballistite. Les tirs exécutés à 25^{m}, par les soins de M. le Général Journée ont donné lieu à une étude minutieuse des écarts moyens des plombs. Les résultats ont été, dans leur ensemble, assez satisfaisants. La moins régulière des trois poudres a été la poudre T, pour des charges de chasse (2^{g},30 de poudre, 32^{g} de plomb). La mullérite s'est montrée plus régulière pour ces charges de chasse, mais moins régulière aux charges employées pour le tir aux pigeons. La ballistite a été la plus régulière des trois poudres, aussi bien aux charges de tir aux pigeons qu'aux charges de chasse.

Une autre série d'essais a été faite au Laboratoire central des Poudres, en présence d'une délégation de la Commission, composée de MM. de Monbrison, Porché, Liouville et Marqueyrol. Les cartouches d'origine anglaise chargées en ballistite ont été comparées à des cartouches donnant la même vitesse et contenant le même nombre de grains de plomb n° 6 anglais, chargées en poudre T, les unes en douilles Bachmann, les autres en douilles Saumon, de la Société des Munitions.

Cent coups ont été tirés avec des cartouches de ballistite, cent avec la poudre T chargée en douilles Bachmann, cent autres avec cette même poudre chargée en douilles Saumon. Le tir était fait à 35^{m}, avec des charges de tir aux pigeons, soit, pour la ballistite, 1^{g},80 avec 338 grains de plomb, soit, pour la poudre T, 2^{g},40 avec 338 grains de plomb, sur des cibles en papier. On traçait sur ces cibles, en choisissant le mieux possible à vue le centre du

Digitized by Google

coup, un cercle de 70^{cm} de diamètre, qu'on divisait en huit secteurs égaux. On relevait le nombre total des grains de plomb : 1° dans le cercle, 2° en moyenne dans chaque secteur, 3° dans le secteur qui en contenait le plus et dans celui qui en contenait le moins. Sur ce nombre de coups très considérable, on a constaté que les cartouches chargées en poudre T, douilles Bachmann, donnaient en moyenne 66,6 pour 100 de la charge dans le cercle de 70^{cm}, les cartouches chargées en poudre T, douilles Saumon, donnaient en moyenne 64,8 pour 100 dans le cercle, les cartouches d'origine anglaise chargées en ballistite donnaient, après élimination d'un coup tout à fait anormal (57 plombs dans la cible au lieu de 215), en moyenne 64,2 pour 100 dans le cercle de 70^{cm}. Les écarts de répartition dans les secteurs étaient les mêmes pour les trois poudres. Les coups anormaux sont sensiblement en même nombre pour les trois poudres.

En résumé, les groupements réalisés à 25^{m} avec des cartouches de pigeons, chargées en poudre T, n'ont pas été inférieurs à ceux des cartouches de ballistite et se sont montrés plutôt supérieurs dans certaines conditions de tir. Toutes les poudres ont donné lieu à des coups anormaux, dont l'origine n'est pas bien certaine. Des essais faits sur divers modes de bourrage par M. le commandant Gracy, sur la demande de la Commission, ont permis d'établir de nouveau qu'aux charges de chasse correspondant à des pressions inférieures à 400^{kg}, dans le fusil calibre 12, la poudre T donne des résultats moins réguliers que la ballistite et la mullérite. Toutefois, le commandant Gracy continue ses expériences et des résultats définitifs seront donnés dans un prochain rapport.

En résumé, dans l'état de choses actuel, la poudre T, comparée aux poudres étrangères réputées les meilleures, s'est montrée, selon les conditions de tir, tantôt légèrement supérieure, tantôt un peu inférieure. Elle a donné de temps en temps un coup très dispersé, surtout aux charges de chasse, et la Commission a émis le vœu (lettre n° 527 du 11 août 1909) :

1° Que des essais soient faits par le Service des Poudres pour remédier à cet inconvénient, en cherchant à obtenir des grains de forme plus régulière et en étudiant un type de poudre analogue à la poudre T, mais se rapprochant, par sa vivacité, de la ballistite;

2° Que tous les échantillons obtenus dans cette étude de l'amé-

Digitized by Google

lioration des poudres T soient soumis à la Commission centrale pour être comparés aux poudres étrangères, au point de vue des vitesses, des pressions et de la dispersion des plombs.

La Commission n'a pas été jusqu'à présent avisée que des échantillons aient été réalisés, dans l'ordre d'idées où elle s'était placée.

Pour s'en tenir à l'état des choses actuel et faciliter au consommateur l'usage des poudres pyroxylées françaises telles qu'elles sont aujourd'hui, peut-être n'est-il pas inutile de rappeler les résultats que permet d'obtenir, dans les fusils calibre 12, la poudre T, tirée avec des douilles munies de l'amorçage C 3,5.

Dans un fusil sans choke du Laboratoire central des Poudres, ayant sa chambre aux dimensions minima, l'on a trouvé, pour une charge de 2^{g},30 de poudre T et de 32^{g} de plomb : une vitesse (mesurée au chronographe dans un tir à 30^{m}) 290^{m}, avec une pression de 470^{kg}; pour une charge de 2^{g},50 de poudre T et de 36^{g} de plomb : 295^{m}, avec une pression de 560^{kg}.

Lorsqu'on s'écarte assez peu des conditions de tir précédentes, on peut compter que l'addition de 1^{dg} de poudre augmente la vitesse de 5^{m} environ et la pression de 20^{kg}; l'addition de 1^{g} de plomb diminue la vitesse de 1^{m},3 environ et augmente la pression de 15^{kg}.

En ce qui concerne les poudres de chasse noires, des essais comparatifs ont montré qu'il n'y a pas de différences appréciables, au point de vue de la fumée, entre les poudres françaises et les poudres étrangères qui leur ont été comparées. Au contraire, certains échantillons, préparés en très petites quantités par la poudrerie de Sevran-Livry, paraissent avoir présenté un avantage appréciable. La Commission considère ces tentatives comme très dignes d'intérêt; elle émet le vœu que les expériences soient poursuivies, que des échantillons plus considérables et, s'il est possible, meilleurs encore, soient préparés par la poudrerie de Sevran-Livry et soient soumis aux essais de la Commission centrale des Poudres.

Jusqu'à ce que de nouveaux échantillons aient été produits, tant pour les poudres noires que pour les poudres pyroxylées, le rapport de la Commission centrale ne peut avoir qu'un caractère tout provisoire; rien du moins ne lui paraît avoir établi un désavantage appréciable des poudres françaises en général sur les

Digitized by Google

poudres étrangères les plus réputées; mais la Commission croit devoir signaler de nouveau l'intérêt que présenteraient les améliorations visées par elle, au sujet, soit des poudres noires, soit des poudres pyroxylées; pour ces dernières, elle s'en réfère au vœu qu'elle a émis le 11 Août 1909.

Paris, le 11 Janvier 1911.

Le Rapporteur,
Baron GOURGAUD.

Adopté par la Commission centrale, dans sa séance plénière du 20 Janvier 1911.

Le Secrétaire,
MARQUEYROL.

Vu :
Le Président,
VIEILLE.

Digitized by Google

NOTE

SUR

QUELQUES PROPRIÉTÉS DE TROIS EXPLOSIFS

(ACIDE PICRIQUE, TRINITROTOLUÈNE, TRINITROBENZINE),

PAR

M. H. DAUTRICHE,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

On a étudié récemment à la Poudrerie de Sevran quelques propriétés de l'acide picrique, du trinitrotoluène et de la trinitrobenzine. Le but était de posséder un terme de comparaison pour l'étude des explosifs industriels. Mais les résultats pourraient peut-être intéresser les services consommateurs et il n'a pas paru inutile de les résumer dans la présente Note.

I. Désignation des échantillons. — L'*acide picrique* a été employé à l'état de poudre fine extraite des tubes détonants N^{os} 476, 477 et 508 reçus de Toulouse en février 1908. On sait que pendant l'étirage du cordeau les cristaux d'acide picrique se pulvérisent complètement. L'explosif provient de la Poudrerie de Saint-Chamais. Les tubes étirés de Toulouse avaient été rebutés par cet établissemeut pour défaut de densité de chargement au remplissage initial. Cependant on n'a observé aucun défaut ni discontinuité de matière. D'autre part la mesure de la vitesse de détonation mesurée sur le tube n° 430 ayant la même origine a donné :

(Type : *échantillon* 1, 1907. SL, V = 6880^{m}.)

1er essai ..... $V = 6880 \times \frac{400}{405} = 6795^{m}$

2^{e} essai ..... $V = 6880 \times \frac{400}{408} = 6745^{m}$

Moyenne ..... 6770^{m}

Digitized by Google

Le *trinitrotoluène* a été prélevé sur un lot de 2000^{kg} d'origine allemande reçu à Sevran le 6 juillet 1906. C'est une poudre jaune pâle, très fine. Son point de fusion est de 80°5.

La *trinitrobenzine* a été prélevée sur un échantillon de 2^{kg} reçu de Saint Chamas le 6 février 1906. Son point de fusion, déterminé à Saint-Chamas, est de 120° (lot n° 1 de 1906).

II. Compressibilité. — On a comprimé tous les explosifs dans un moule en acier de 20^{mm} de diamètre. Les pastilles ont été pesées et mesurées, ce qui permet d'en calculer la densité. Les résultats obtenus sont donnés ci dessous :

PRESSION (kg : cm^2).	NOMBRE DE PASTILLES FABRIQUÉES.	DENSITÉ moyenne.
	1° *Acide picrique.*	
275^{kg}	20 pastilles de 8^g	1,315
685	40 »	1,480
1375	40 »	1,614
2060	20 »	1,672
2750	30 »	1,714
3435	20 »	1,731
4125	20 »	1,740
	2° *Trinitrotoluène.*	
275^{kg}	20 pastilles de 8^g	1,320
685	11 pastilles de 8^g + 3 pastilles de 6^g	1,456
1375	11 »	1,558
2060	11 »	1,584
2750	11 »	1,599
3435	11 »	1,602
4125	10 pastilles de 8^g	1,610
	3° *Trinitrobenzine.*	
275^{kg}	10 pastilles de 8^g	1,343
685	30 »	1,523
1375	10 »	1,620
2060	10 »	1,641
2750	10 »	1,654
3435	10 »	1,662
4125	10 »	1,648

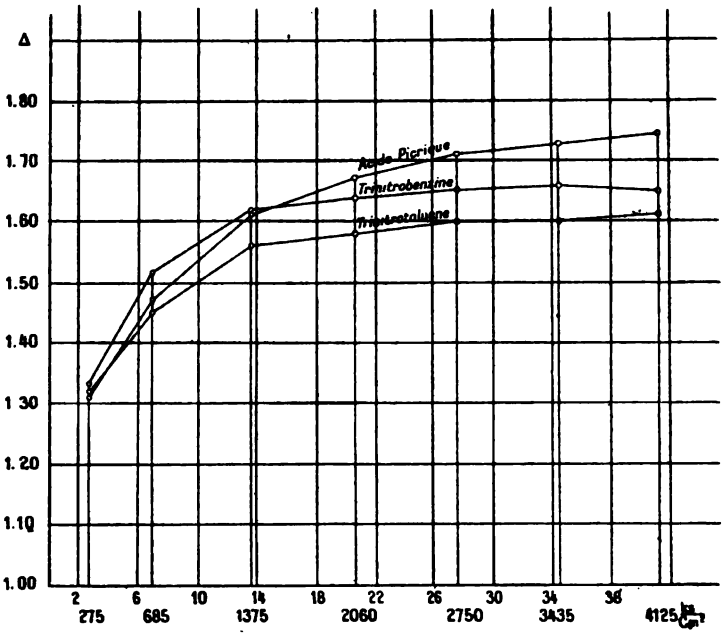
Ces résultats sont groupés dans le graphique n° 1.

Digitized by Google

On peut en déduire les densités limites sous très fortes pressions et par suite les densités réelles des trois explosifs :

	Densité limite.
Acide picrique	1,76
Trinitrotoluène	1,62
Trinitrobenzine	1,67

Fig. 1.



III. Vitesses de détonation. — *Mode opératoire :* On a généralement utilisé pour la mesure des vitesses de détonation les petits cylindres de 8^{g} comprimés comme il a été dit au paragraphe précédent. 10 de ces cylindres étant disposés l'un sur l'autre, on obtient une cartouche dont la hauteur totale représente à une fraction de millimètre près la somme des hauteurs des cylindres composants mesurées au palmer. L'enveloppe est constituée par un papier bulle bien ajusté.

Dans quelques essais on a utilisé comme enveloppes des tubes de cuivre de 20-22^{mm} de diamètre dans lesquels les pastilles entraient à frottement doux.

Digitized by Google

Enfin pour les densités inférieures ou égales à l'unité on a fait des cartouches de matière pulvérulente dans des tubes de papier, de cuivre ou de verre ayant des diamètres variables.

Les amorçages ont également varié. On a d'abord utilisé des amorces constituées par 3^g d'explosif pulvérulent disposé au-dessus et au contact de la cartouche proprement dite, dans la même enveloppe ; cette amorce était excitée par un détonateur de $0^g,50$ de fulminate pur

On a encore employé des petites cartouches de 25^g ou 80^g de dynamite n° 1 (Cugny, mars 1907) mesurant 24^{mm} de diamètre et excitées par le même détonateur de $0^g,50$. Ces cartouches ont été découpées dans les cartouches de l'échantillon de Cugny ; la face postérieure franchement coupée, est appliquée contre la cartouche d'explosif à essayer.

Dans les tableaux suivants, A B représente la longueur utilisée pour la mesure, A et B étant les deux détonateurs du circuit des vitesses ; C D est la longueur totale de la cartouche, C A et B D sont donc les longueurs non utilisées pour la mesure des vitesses. La longueur C A a été prise suffisamment grande pour éviter les erreurs que peut entraîner un trop grand rapprochement de l'amorce et du premier détonateur A du circuit des vitesses.

Le cordeau détonant utilisé dans ces mesures est l'échantillon 1-1907-SL dont la vitesse est 6880^m par seconde.

Voici d'abord les résultats de deux mesures sur la dynamite n° 1 Cugny, mars 1907, employée pour certains amorçages $\Delta = 1,65$ environ, $d = 24^{mm}$ — 2 juin 1909 — $t = 24°$

$1°$ AB $= 70^{mm}$ CD $= 12^{cm}$ BD $= 6^{mm}$ V $= 6337^m$
$2°$ AB $= 70^{mm}$ CD $= 12^{cm}$ BD $= 6^{mm}$ V $= 6253^m$
Moyenne..... 6295^m

Digitized by Google

Acide picrique.

NUMÉRO d'ordre.	DATE.	DENSITÉ.	AMORÇAGE.	AB.	CD.	BD.	VITESSE trouvée.
	Enveloppes de papier, d = 20mm, 10 pastilles de 8g par cartouche.						
1	26 avril 1909, $t = 16°$	1,32	0g,50 fulminate + 3g acide picrique pulvérulent.	150	192	10	6330m
2	Id.	1,62	Id.	"	"	"	**Raté.**
3	Id.	1,46	Id.	"	"	"	Raté ou faible détonation.
4	Id.	1,71	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	110	150	10	5045m
5	17 mai 1909, $t = 12°$	1,67	Id.	110	152	10	7277m
6	Id.	1,73	Id.	110	148	10	7277m
7	Id.	1,74	Id.	110	148	10	Raté ou faible détonation.
8	22 mai 1909, $t = 26°$	1,46	Id.	130	175	10	6988m
9	Id.	1,60	Id.	120	160	10	Détonation incomplète.
10	Id.	1,31	Id.	150	195	10	6255m
11	Id.	1,67	0g,50 fulminate + 8g dynamite n° 1.	110	155	10	7010m
12	24 mai 1909, $t = 25°$	1,73	Id.	110	148	10	7645m
13	Id.	1,46	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	130	175	10	6935m
14	Id.	1,74	0g,50 fulminate + 8g dynamite n° 1.	110	147	10	7645m
15	Id.	1,72	Id.	110	149	10	7490m
16	Id.	1,62	Id.	120	159	10	7370m
17	Id.	1,62	Id.	120	158	10	7370m
	Enveloppes de papier, d = 20mm, explosif pulvérulent.						
18	26 avril 1909, $t = 16°$	0,94	0g,50 fulminate	123	191	20	5192m
19	22 mai 1909, $t = 26°$	0,93	Id.	120	179	10	5035m
20	Id.	0,93	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	130	180	10	5025m
	Tubes de cuivres de 20-22mm, d = 20mm, 10 pastilles de 8g par cartouche.						
21	24 mai 1909, $t = 25°$	1,50	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	130	172	10	7100m
22	27 mai 1909, $t = 12°$	1,71	0g,50 fulminate + 8g dynamite n° 1.	110	151	10	7800m

Digitized by Google

Acide picrique (suite).

NUMÉRO d'ordre.	DATE.	DENSITÉ.	AMORÇAGE.	AB.	CD.	BD.	VITESSE trouvée.
	Tube de cuivre de 20-22^{mm}, $d = 20^{mm}$, *explosif pulvérulent.*						
23	24 mai 1909, $t = 25°$	0,87	0^{g},50 fulminate	120	170	10	4885^{m}
	Tube de cuivre de 40-42^{mm}, $d = 40^{mm}$, *explosif pulvérulent.*						
24	28 mai 1909, $t = 17°$	0,91	0^{g},50 fulminate	90	170	7	4915^{m}
	Tube de cuivre de 13,5-14^{mm}, $d = 13^{mm},5$, *explosif pulvérulent.*						
25	27 mai 1909, $t = 12°$	0,94	0^{g},50 fulminate	120	175	10	5003^{m}
	Tube de verre de 9,2-11^{mm},5, $d = 9^{mm},2$, *explosif pulvérulent.*						
26	28 mai 1909, $t = 17°$	0,90	0^{g},50 fulminate	120	194	10	4512^{m}

Les résultats ont été groupés dans le graphique n° 2 où l'on a représenté par des + les essais 1 à 20 en tubes de papier et par des ⊙ les essais 21 à 26 en tubes de cuivre ou de verre.

Occupons-nous d'abord des essais 1 à 20 en tubes de papier. La sensibilité diminue quand la densité augmente. Aux densités inférieures à 1 la détonation complète a toujours été obtenue avec 0^{g}50 de fulminate. Avec 3^{g} d'explosif pulvérulent on a eu un raté à $\Delta = 1,46$. Avec 25^{g} de dynamite on a eu des ratés à $\Delta = 1,60$ et $\Delta = 1,74$. Avec 80^{g} de dynamite on n'a jamais eu de raté même à la densité de 1,74. L'amorçage de l'acide picrique comprimé doit donc être adapté à sa densité et si l'on fabrique des cartouches (ou des obus) par un procédé qui n'assure pas la régularité des densités, l'amorçage doit être calculé pour assurer la détonation des cartouches les plus denses.

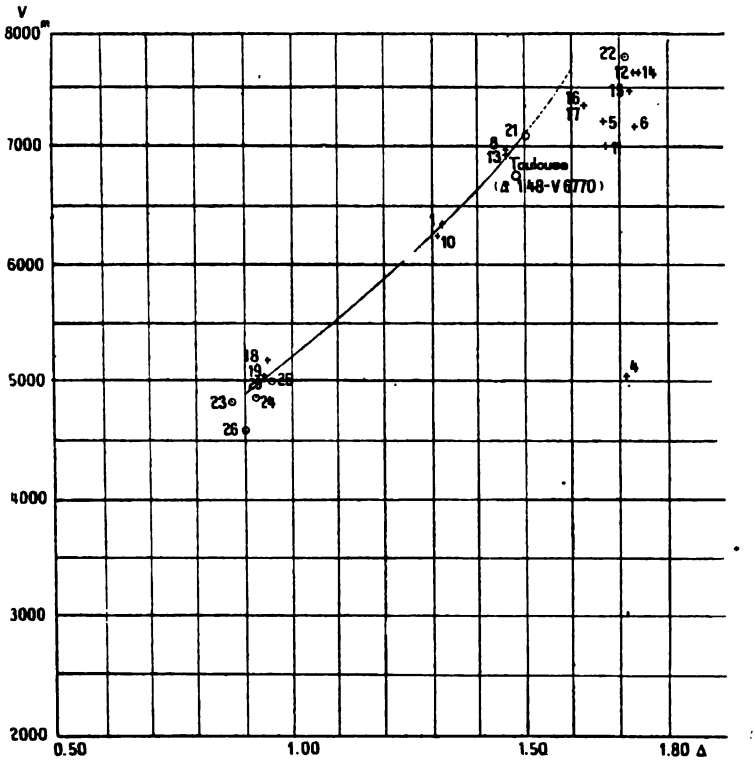
Les résultats obtenus aux faibles densités et aux densités modérées (jusqu'à 1,50 environ) se répartissent sur une courbe régulière qu'on peut appeler *la courbe des vitesses de détonation de l'acide picrique*. Cette courbe est figurée sur le graphique où elle a été prolongée, en traits ponctués, pour les densités supérieures

Digitized by Google

à 1,50. Elle présente une légère concavité dirigée vers les V positifs.

Dans cette région des densités faibles et moyennes la vitesse de détonation est indépendante de l'amorçage : essais nos 1 et 10, 19 et 20.

Fig. 2.



Pour des densités supérieures à 1,60, il n'y a plus de courbe des vitesses ; les points représentatifs se répartissent dans le plan au-dessous de la courbe précédente ; l'un d'eux, le point n° 4, est particulièrement bas. Quelques irrégularités s'observent dans les résultats, ils sont peut-être dus à un contact plus ou moins bon de la cartouche d'amorçage et de la cartouche en essai ; mais en règle générale on peut dire que les plus forts amorçages assurent les plus plus grandes vitesses. Le maximum observé est une vitesse de 7645m aux densités de 1,73 et 1,74 avec un amorçage de 80g de dynamite.

Digitized by Google

Si l'on considère ensuite les résultats obtenus dans des tubes de cuivre de 20^{mm} et 40^{mm} de diamètre et 1^{mm} d'épaisseur et de $13^{mm},5$ de diamètre et $0^{mm},5$ d'épaisseur, on voit que pour des densités faibles le diamètre des cartouches et la nature de l'enveloppe n'ont pas d'influence sur les vitesses : les points **21**, **23**, **24** et **25** se répartissent sur la courbe des vitesses précédemment définie par les tubes de papier. Mais il n'en est plus de même aux fortes densités : l'emploi d'une enveloppe métallique paraît relever les vitesses ; c'est ce que montre l'essai n° **22** où l'on a obtenu une vitesse de 7800^{m} à la densité de 1,71.

L'emploi d'un tube de verre de 9^{mm} de diamètre a donné une vitesse relativement faible et le point n° **26** se place très au-dessous de la courbe du graphique n° **2**. Si l'on rapproche ce résultat de ceux qui ont été obtenus avec le trinitrotoluène et la trinitrobenzine, ou encore des résultats obtenus avec tous les explosifs essayés jusqu'ici, on verra que cette anomalie n'est qu'apparente.

Le phénomène paraît devoir être interprété de la façon suivante : l'augmentation des diamètres ou le renforcement des enveloppes a généralement pour effet de relever la courbe des vitesses mais à partir d'un certain diamètre et d'une certaine enveloppe ce relèvement diminue et finit par disparaître. En d'autres termes, ce relèvement ne s'observe que si l'on expérimente dans une région convenable. Pour des diamètres de 20^{mm} et dans les tubes de papier, on se trouve déjà dans la région où le relèvement des vitesses ne s'observe plus pour l'acide picrique. Pour cet explosif le diamètre n'a d'influence que lorsqu'il est notablement plus petit, vers 10^{mm}. D'ailleurs si l'on reporte sur le graphique le point représentatif du cordeau détonant réglementaire on verra qu'il se place également un peu au-dessous de la courbe tracée. Ce point a pour ordonnées $V = 6770$, $\Delta = 1,48$ environ (cordeau de Toulouse). Ici le diamètre est très faible et l'enveloppe est métallique.

Digitized by Google

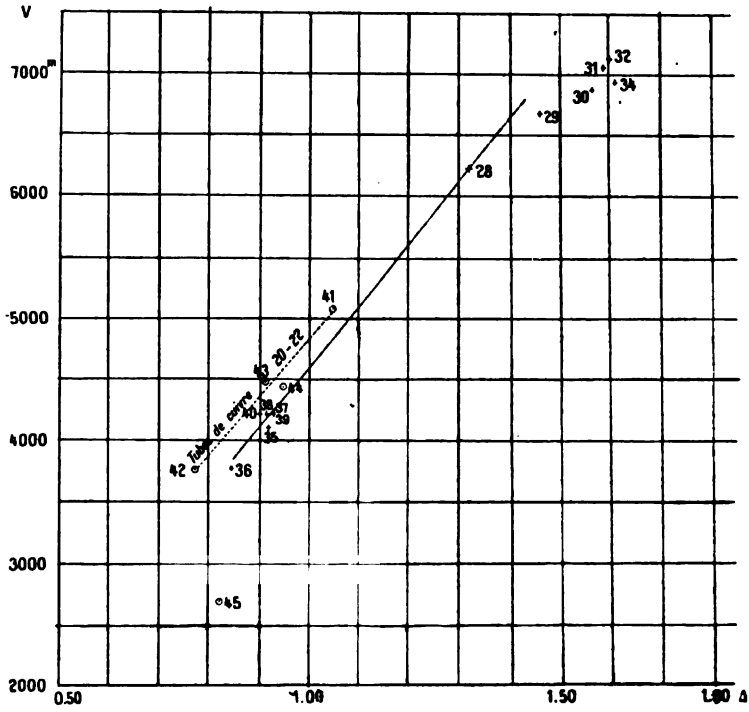
Trinitrotoluène.

NUMÉRO d'ordre.	DATE.	DENSITE.	AMORÇAGE.	AB.	CD.	BD.	VITESSE trouvée.
			Enveloppes de papier, $d = 20^{mm}$, 10 pastilles de 8g par cartouche.				
27	17 mai 1909, $t = 12°$	1,32	0g,50 fulminate + 3g trinitrotoluène pulvérulent.	150	194	10	Raté.
28	26 mai 1909, $t = 13°$	1,32	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	150	194	10	6217m
29	Id.	1,46	Id.	130	175	10	6675
30	28 mai 1909, $t = 17°$	1,56	Id.	120	164	10	6880
31	Id.	1,59	Id.	110	159	10	7056
32	Id.	1,60	Id.	110	158	10	7140
33	Id.	1,605	Id.	110	159	10	Raté ou faible détonation.
34	Id.	1,61	0g,50 fulminate + 80g dynamite n° 2.	110	158	10	6943m
			Enveloppes de papier, $d = 20^{mm}$, explosif pulvérulent.				
35	17 mai 1909, $t = 12°$	0,91	0g,50 fulminate	120	186	20	4087m
36	27 mai 1909, $t = 12°$	0,84	Id.	120	185	10	3822
37	Id.	0,92	Id.	120	184	10	4170
38	2 juin 1909, $t = 24°$	0,91	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	120	188	10	4170
39	Id.	0,92	0g,50 fulminate	120	184	10	4170
40	Id.	0,90	0g,50 fulminate + 25g dynamite n° 1.	120	191	10	4170
			Tubes de cuivre de 20-22mm, $d = 20^{mm}$, explosif pulvérulent.				
41	26 mai 1909, $t = 13°$	1,05	0g,50 fulminate	110	159	10	5080
42	Id.	0,77	Id.	120	171	10	3780
			Tube de cuivre de 40-42mm, $d = 40^{mm}$, explosif pulvérulent.				
43	28 mai 1909, $t = 17°$	0,91	0g,50 fulminate	90	168	7	4487
			Tube de cuivre de 13,5-14mm,5, $d = 13^{mm},5$, explosif pulvérulent.				
44	26 mai 1909, $t = 12°$	0,95	0g,50 fulminate	120	173	10	4440
			Tube de verre de 9,2-11mm,5, $d = 9^{mm},2$, explosif pulvérulent.				
45	28 mai 1909, $t = 17°$	0,82	0g,50 fulminate	120	195	10	2716

Digitized by Google

Ces résultats ont été groupés dans le graphique n° 3. L'examen de ce graphique confirme certaines observations faites sur le graphique n° 2. Toutefois plusieurs divergences doivent être notées.

Fig. 3.



Dans des tubes de cuivre de 20^{mm}-22^{mm}, les vitesses de détonation sont supérieures de 300^{m} environ à celles qu'on obtient dans des tubes de papier. Dans un tube de verre de 9^{mm}, la vitesse subit un amoindrissement considérable. Contrairement à ce qui a été obtenu avec l'acide picrique, avec des tubes de papier de 20^{mm} on se trouve donc dans une région où les vitesses sont notablement influencées par le diamètre et la nature des enveloppes. Toutefois, dans les tubes de papier et, *a fortiori*, dans les tubes métalliques, la vitesse de détonation reste, aux densités faibles, indépendante de l'intensité de l'amorçage.

La vitesse maximum trouvée est de 7140^{m} correspondant à $\Delta = 1,50$.

Digitized by Google

Trinitrobenzine.

NUMÉRO d'ordre.	DATE.	DENSITE.	AMORÇAGE.	AB.	CD.	BD.	VITESSE trouvée.
			Enveloppes de papier, $d = 20^{mm}$, 10 pastilles de 8g par cartouche.				
46	26 mai 1909, $t = 13°$	1,34	0g,50 fulminate + 2g dynamite n° 1.	150	191	10	6700m
47	Id.	1,51	Id.	130	169	10	Raté ou faible détonation.
48	28 mai 1909, $t = 17°$	1,62	0g,50 fulminate + 8g dynamite n° 1.	120	158	10	7056m
49	Id.	1,64	Id.	110	156	10	7347
50	Id.	1,654	Id.	110	155	10	7275
51	Id.	1,662	Id.	110	154	10	7347
52	Id.	1,648	Id.	110	155	10	7073
53	2 juil. 1909, $t = 24°$	1,53	Id.	120	167	10	6995
54	Id.	1,53	0g,50 fulm. + 2g dynamite n° 1.	120	167	10	6880
			Enveloppes de papier, $d = 20^{mm}$, explosif pulvérulent.				
55	27 mai 1909, $t = 12°$	0,75	0g,50 fulminate	120	183	10	3970
			Tubes de cuivre de 20-22mm, $d = 20^{mm}$, explosif pulvérulent.				
56	26 mai 1909, $t = 13°$	0,62	0g,50 fulminate	120	169	10	3805
57	Id.	0,97	Id.	120	171	19	5160
			Tubes de cuivre de 13,5-14mm,5, $d = 13^{mm},5$, explosif pulvérulent.				
58	27 mai 1909, $t = 12°$	0,90	0g,50 fulminate	120	171	10	4772
			Tubes de verre de 9-11mm,6, $d = 9^{mm}$, explosif pulvérulent.				
59	27 mai 1909, $t = 12°$	0,70	0g,50 fulminate	120	200	10	3104

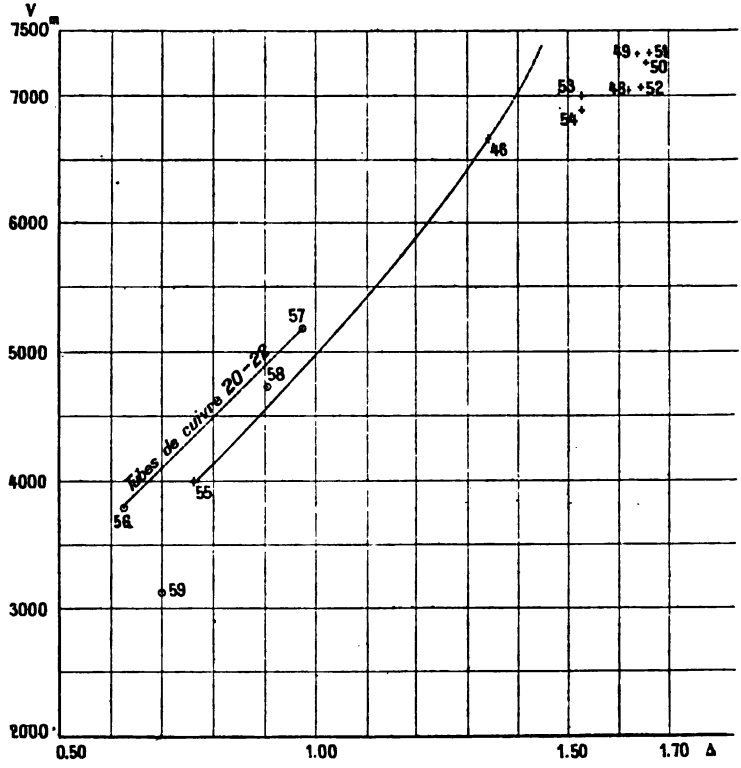
Ces résultats ont été groupés dans le graphique n° 4. On voit que la trinitrobenzine présente, au point de vue de l'influence du diamètre et de la nature des enveloppes, les mêmes caractères que le trinitrotoluène.

IV. Essais de puissance. — *Travail dans le plomb :* Le mode

Digitized by Google

opératoire a été décrit dans le Rapport n° 216 de la Commission des substances explosives sur les steelites.

Fig. 4.



Blocs de plomb de 70^{kg} (8^{e} série), charge 10^{g}, amorces électriques de 1^{g},50; bourrage au sable.

Essais du 2 juin 1909, $t = 24°$.

NUMÉRO d'ordre.	EXPLOSIF.	$\frac{\Delta V}{P}$ (cm^3 par gr.).	
1	Acide picrique.	22,5	22,8
2	Id.	23,2	
3	Dynamite n° 1, Cugny, mars 1907.	22,6	
4	Trinitrotoluène.	21,6	
5	Trinitrobenzine.	24,1	

Digitized by Google

Travail dans la terre. — Le mode opératoire a été décrit dans le Rapport précité.

Trous de 1^m, cartouches de 29^{mm} de diamètre, amorces de $1^g,50$ de fulminate ; 4 juin 1909.

NUMÉRO d'ordre.	NUMÉRO du trou de mine.	EXPLOSIF.	DENSITÉ.	POIDS.	$\frac{V}{l^2}$ (llt. par gr.).	
1	203	Acide picrique (d'Esquerdes).	1,04	150 g	0,36	0,40
2	206	Id.	1,03	150	0,44	
3	201	Trinitrotoluène.	1,00	150	0,43	0,44
4	207	Id.	1,02	150	0,44	
5	202	Trinitrobenzine.	0,96	150	0,46	0,40
6	208	Id.	0,95	150	0,34	

Remarque. — Il serait intéressant d'étendre ces résultats au *coton-poudre*. En ce qui concerne les vitesses de détonation, il faudrait alors tenir compte de deux variables, la densité et l'humidité. En ce qui concerne les essais de puissance, la supériorité du coton-poudre due à son plus grand potentiel serait vraisemblablement mise en évidence.

Il serait également intéressant d'étendre les résultats au cas d'obus chargés en explosifs. Les mesures seraient relativement simples, comme le montrent quelques essais relatés dans le rapport n° 213 de la Commission des substances explosives sur la sécurité de transport des obus chargés en schneidérite.

Sevran, le 28 septembre 1909.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

DÉCOMPOSITION DU TRINITROTOLUÈNE

SOUS L'INFLUENCE DE LA CHALEUR;

PAR

M. VEROLA,

Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

La décomposition progressive du trinitrotoluène commence à des températures relativement basses et bien inférieures à sa température de déflagration à l'air libre.

La présente Note a pour but d'exposer les premiers résultats obtenus dans l'étude de l'influence de la température sur cette décomposition.

I. — Expérience préliminaire.

Cette décomposition a été constatée pour la première fois au cours de recherches sur la tension de vapeur du trinitrotoluène.

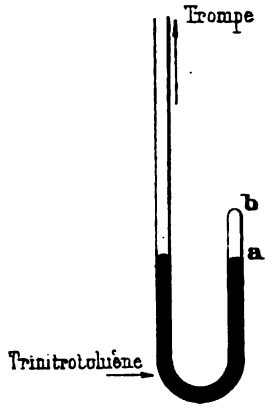
L'appareil qu'on employait pour cette étude est une modification de celui qui sert à démontrer que, lorsqu'un liquide bout, sa tension de vapeur est égale à la pression atmosphérique.

Il se compose essentiellement (*fig.* 1) d'un tube de verre recourbé dont l'une des branches est fermée et dont l'autre communique avec une trompe à eau; un manomètre constitué par un tube vertical plongeant dans un bain de mercure et juxtaposé à un baromètre mesure le vide donné par la trompe; un branchement terminé par un caoutchouc fermé par une pince permet, en rendant plus ou moins l'air, de régler la pression.

Digitized by Google

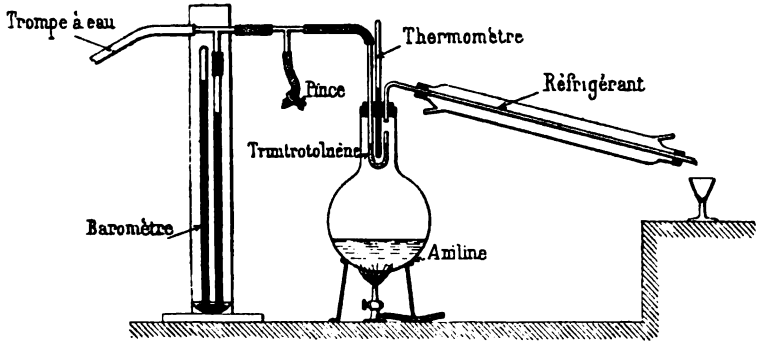
Le mode opératoire qu'on se proposait d'employer pour déterminer la tension de vapeur du trinitrotoluène est le suivant : remplir de cette substance fondue le tube recourbé de façon à le transformer en manomètre à siphon ; placer ce tube dans un ballon

Fig. 1.



où l'on fait bouillir un liquide dont la température d'ébullition est celle à laquelle on veut déterminer la tension de vapeur de l'explosif; en faisant fonctionner la trompe et réglant les rentrées

Fig. 2.



d'air, amener le niveau du trinitrotoluène à être le même dans les deux branches du siphon: la différence des niveaux du mercure dans le baromètre et le tube juxtaposé représente alors la tension cherchée.

Digitized by Google

Le tube recourbé ayant été ainsi rempli de trinitrotoluène fondu et bien sec (point de fusion 80°,83), on en chassa toutes les bulles d'air adhérentes aux parois en le chauffant avec précaution sur un bec Bunsen; on commença ensuite l'expérience dans la vapeur d'aniline. Lorsqu'on eut réalisé l'égalité des niveaux dans le tube recourbé par le procédé indiqué plus haut et la température de la vapeur d'aniline étant de 183°, on constata une dénivellation de mercure de 25^{mm} dans le manomètre: la tension de vapeur de l'explosif à 183° n'est donc certainement pas supérieure à cette valeur. Il se produisit en même temps une vive ébullition du liquide et la pression se mit à augmenter dans la branche fermée du tube, refoulant le niveau du liquide; en supprimant aussitôt le vide on constata que le trinitrotoluène ne remplissait plus le tube fermé et qu'il s'était formé une bulle de gaz. On chassa cette dernière et l'on recommença l'expérience, mais le phénomène s'étant reproduit on se borna, en rendant petit à petit l'air, à maintenir invariables les niveaux de l'explosif dans les deux branches. On nota ainsi les pressions obtenues successivement et qui furent:

	mm
Au départ	200
Après 3 minutes	250
» 6 »	300
» 8 »	330
» 11 »	370
» 13 »	430
» 18 »	530
» 24 »	655

Le dégagement gazeux correspondait donc à une augmentation de pression de 2^{cm} de mercure environ par minute.

En même temps le trinitrotoluène brunissait progressivement et devenait complètement opaque après la demi-heure de chauffage. Le volume (*ab*) a été jaugé et trouvé égal à 1400^{mm^3} environ; le poids d'explosif était de $6^g,5$ dont la moitié environ se trouvait dans la branche fermée; on en déduit que le volume du dégagement gazeux, évalué en gaz à zéro et à 760^{mm}, était, par minute et par gramme de substance, environ de:

$$V = \frac{1400^{mm^3}}{1 + \frac{183^\circ}{273^\circ}} \times \frac{2}{76} \times \frac{1}{3^g,25} = 8^{mm^3}.$$

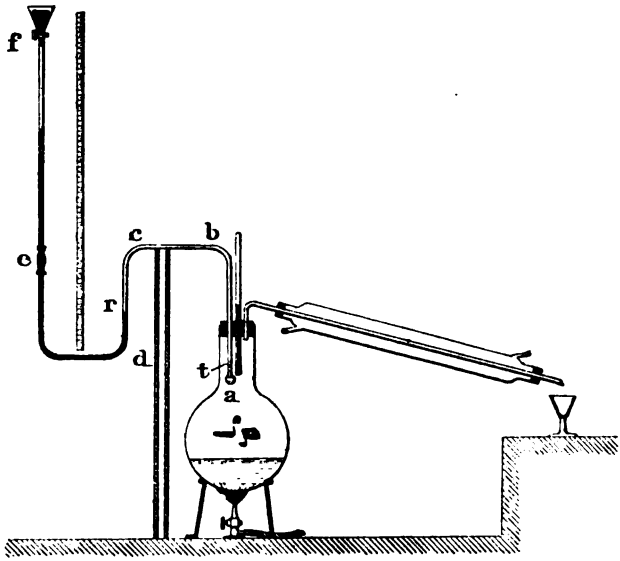
Digitized by Google

Il semblait indiscutable qu'on eût affaire à une décomposition spontanée de l'explosif. On a alors vérifié que les produits de cette décomposition réagissent sur le tournesol en chauffant à 180° du même trinitrotoluène, en faisant le vide dans le ballon contenant l'explosif et en plaçant un papier de tournesol sur le trajet des gaz: celui-ci se décolore petit à petit et, si dans un branchement latéral on introduit quelques gouttes d'eau distillée dont l'évaporation maintient un peu d'humidité dans les gaz, ceux-ci rougissent le papier de tournesol.

II. — Étude de l'influence de la température sur la rapidité de la décomposition du trinitrotoluène.

Ces recherches ont été poursuivies par la méthode suivante : dans un tube *abcdef* (*fig.* 2) fermé en *a* à la lampe et avant de le courber, on introduit un poids connu de trinitrotoluène en

Fig. 3.



poudre (point de fusion 80°,83). On place l'extrémité *ab* dans un ballon où l'on fait distiller un liquide dont la température d'ébullition est celle de l'expérience: lorsque la distillation commence,

Digitized by Google

on introduit du mercure dans *ef* et l'on ramène son niveau dans la branche *cd* à un trait de repère *r*. Sous l'influence de la décomposition de l'explosif, ce niveau s'abaisse; on le ramène au trait *r* en notant les dénivellations correspondantes et les heures auxquelles elles se produisent. Soit *t* le niveau supérieur du trinitrotoluène : les hauteurs croissantes de mercure constatées représentent la pression développée dans le même temps par le dégagement gazeux dans le volume *tbcr*; la température moyenne de ce gaz est inconnue, mais une fois l'expérience bien établie, on peut admettre qu'elle ne varie pas sensiblement, à condition que la chauffe du ballon soit régulière; des écrans interposés entre le ballon et le tube sont destinés à empêcher un échauffement du mercure qui en modifierait la densité.

La dernière lecture terminée, on arrête aussitôt la distillation. Soit H la dénivellation finale lue alors; elle correspond au volume *tbcr*, soit V ce volume, et à une température inconnue θ. On refroidit aussi vite que possible le tube *ab*; ce refroidissement s'opère en une demi-minute environ et, comme la décomposition du trinitrotoluène diminue rapidement avec la température, la décomposition qui se poursuit durant cette demi-minute est négligeable. On peut donc admettre que la masse de gaz demeure constante.

Après refroidissement, la dénivellation est devenue H_1; la température est celle de la salle *t*. Soient 760^{mm} la pression atmosphérique, V_1 le nouveau volume occupé maintenant par le gaz; on a

$$\frac{(H + 760)V}{1 + \alpha\theta} = \frac{(H_1 + 760)V_1}{1 + \alpha t}.$$

L'augmentation de pression *h*, lue dans une expérience particulière et qui correspondait à un gaz à θ sous le volume V, serait, en gaz à *t* et sous le volume V_1, une certaine quantité h_1 telle que

$$\frac{hV}{1 + \alpha\theta} = \frac{h_1 V_1}{1 + \alpha t}.$$

On en déduit

$$h_1 = h\,\frac{H_1 + 760}{H + 760};$$

h_1 est la pression produite par le dégagement gazeux supposé à la température *t* de la salle et occupant le volume V_1; ce dernier

Digitized by Google

volume se détermine expérimentalement et l'on en conclut le volume à 0° et 760^{mm}.

On a, d'après ce procédé, exécuté trois expériences dans la vapeur de phénol à 180°, une expérience dans la vapeur de métacrésol à 201°, une autre dans celle d'orthonitrotoluène à 217° et enfin une expérience dans la vapeur d'essence de térébenthine à 160°.

1° *Chauffage du trinitrotoluène à* 180°. — Dans les trois essais effectués on constate au début de la distillation que la pression diminue; cette baisse est due probablement à l'absorption de l'oxygène de l'air du tube par les gaz dégagés par la décomposition. Elle s'arrête après quelque temps de chauffage et la pression remonte ensuite régulièrement.

Dans la première expérience, la distillation ayant été interrompue pendant une heure environ pour remettre du phénol dans le ballon de distillation, la décomposition s'est notablement ralentie durant ce laps de temps et n'a repris sa première allure qu'à la reprise de la distillation; on a figuré en pointillé, sur le diagramme ci-après, la courbe obtenue expérimentalement; on l'a ensuite déplacée vers la gauche de façon à la raccorder avec la courbe correspondant à la première partie de l'expérience.

La dernière pression lue H a été de 795^{mm}, la pression lue après refroidissement H_1 a été de 710^{mm}; le volume V alors offert au gaz était de 11 100$^{mm^3}$ et la température t de la salle de 24°; le poids de substance traité était de 5^g.

Si l'on prend pour variation de dénivellation h celle qui correspond aux points marqués a et b sur le diagramme et qui est de 234^{mm} obtenue en 75 minutes, on en conclut que le dégagement évalué en gaz à 0° et 760^{mm} est, par gramme de trinitrotoluène, de

$$\frac{1 \times 11100^{mm^3}}{5^g} \times \frac{\dfrac{234}{75} \times \dfrac{710+760}{795+760} \times \dfrac{1}{1+\dfrac{24}{273}}}{760} = 7^{mm^3},8$$

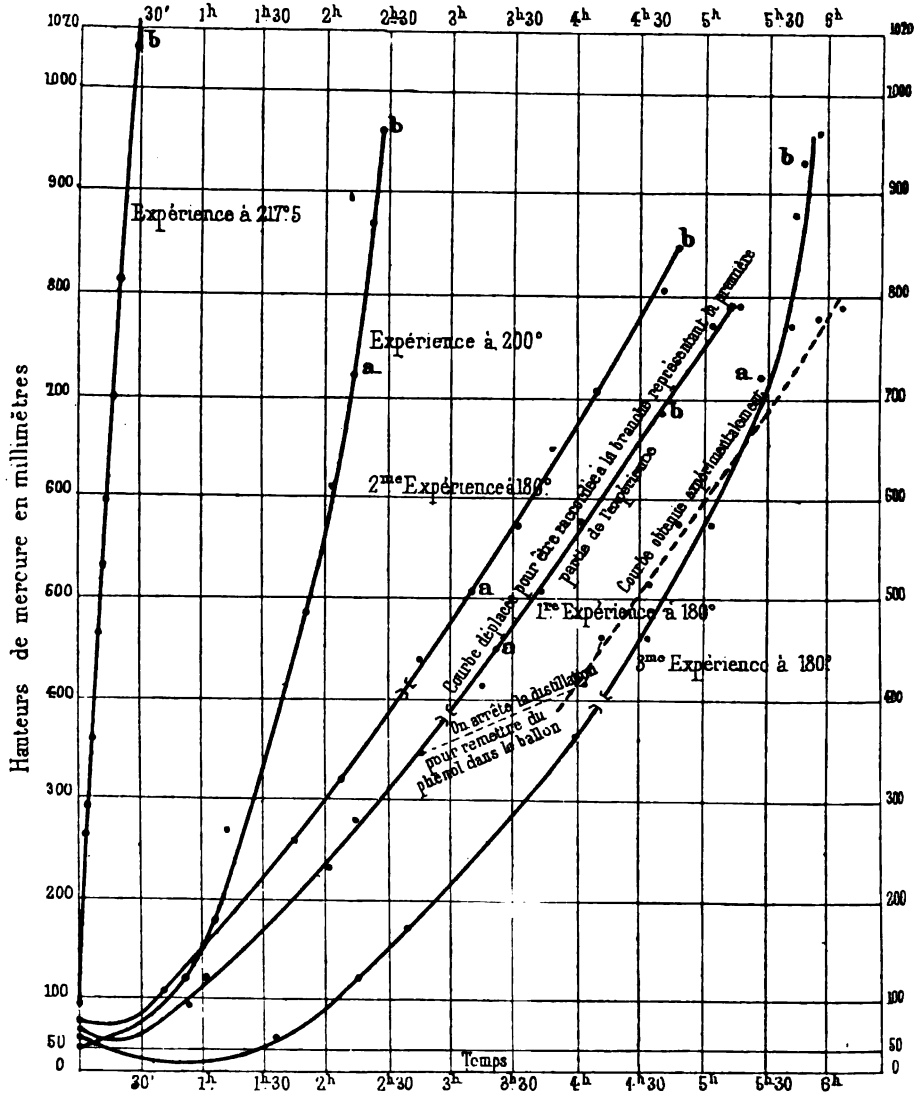
après 4 heures de chauffage à 180°.

Dans la deuxième expérience la température est montée accidentellement pendant 10 minutes à 190° après 2 heures 30 minutes

Digitized by Google

de chauffage par suite d'une obstruction du tube du réfrigérant par des cristaux de phénol; il en est résulté une augmentation de

Fig. 4.



pression très rapide pendant ces 10 minutes; on a également déplacé la courbe obtenue expérimentalement, cette fois-ci vers la

Digitized by Google

droite, de façon à la raccorder avec la courbe représentant la première partie de l'expérience.

Si l'on prend, pour calculer le dégagement gazeux, les points a et b de la courbe, on a les données expérimentales suivantes :

Poids de trinitrotoluène $= 5^{g},1$, $H = 841$, $H_1 = 794$, $t = 26$, $V_1 = 10940^{cm^3}$, $h = 340^{mm}$ en 106 minutes. Le dégagement gazeux est alors de 8^{mm^3} par minute.

Cette valeur concorde d'une façon très satisfaisante avec la précédente et est égale à celle déduite des résultats de l'expérience préliminaire.

Dans le troisième essai on a arrêté la distillation après 4 heures de marche et on ne l'a reprise qu'après 17 heures d'interruption. A la reprise la décomposition s'est accélérée notablement. La décomposition correspondant aux points a et b, soit après 5 heures 30 minutes de chauffage, est alors de 27^{mm^3}, tandis qu'avant l'arrêt, soit après 3 heures 30 minutes de chauffage, elle n'est que de $7^{mm^3},1$.

La décomposition vers la sixième heure de chauffage est donc déjà près de 3 fois et demie plus forte qu'après les quatre premières heures de chauffage.

Les données expérimentales correspondant aux points a et b de la courbe sont les suivantes :

Poids de trinitrotoluène $= 5^{g}$, $H = 968$, $H_1 = 786$, $t = 26°$, $V = 11040^{mm^3}$, $h = 218^{mm}$ en 18 minutes.

2° *Chauffage du trinitrotoluène à* 201°. — On n'a mis du mercure dans le tube qu'après 30 minutes de distillation. La courbe obtenue présente une concavité assez nette vers l'axe des pressions, manifestant ainsi une accélération progressive de la décomposition avec le temps.

Les données expérimentales correspondant aux points a et b de la courbe sont les suivantes :

Poids de trinitrotoluène $= 3^{g},84$, $H = 961$, $H_1 = 811$, $t = 29°$, $V_1 = 9880^{mm^3}$, $h = 241^{mm}$ en 16 minutes.

La vitesse de décomposition est de 42^{mm^3} après 3 heures de chauffage à 201°, soit environ 6 fois plus forte qu'après 3 heures de chauffage à 180°.

3° *Chauffage du trinitrotoluène à* 217°,5. — Le mercure n'a

Digitized by Google

été introduit qu'après 30 minutes de distillation; les données expérimentales sont les suivantes :

Poids de trinitrotoluène $= 2^{g},02$, $H = 1070$, $H_1 = 910$, $t = 30°$, $V_1 = 10700^{mm^3}$, $h = 758^{mm}$ en 22 minutes.

La vitesse de décomposition correspondante est d'environ 200^{mm^3} par minute après 45 minutes de chauffage à 217°,5.

On avait constaté dans la troisième expérience à 180° que lorsqu'on prolonge le chauffage la décomposition s'accélère. Pour examiner si cette accélération n'est due qu'à l'augmentation de pression, on a après l'expérience à 217°,5 vidé le mercure du tube et recommencé le chauffage sur le même trinitrotoluène. Le mercure n'a également été introduit qu'après la première demi-heure de chauffage. Mais la décomposition était alors trop rapide pour qu'il fût possible de faire aucune observation : la pression est montée de 1^{m} de mercure en 4 minutes environ, alors que dans le premier chauffage il avait fallu 27 minutes pour arriver au même résultat. La décomposition était donc sept fois plus rapide. Ce résultat montre que les premiers produits de décomposition du trinitrotoluène augmentent l'instabilité de ce dernier.

4° *Chauffage du trinitrotoluène à* 160°. — La période préliminaire d'absorption dure à cette température plus de 3 heures. L'augmentation de pression apparaît ensuite mais est très lente; il en résulte une grande incertitude sur le moment exact du passage du niveau du mercure au trait de repère. On a constaté néanmoins, après une dizaine d'heures de chauffage, une dénivellation de plusieurs centimètres, mettant ainsi en évidence une décomposition certaine du trinitrotoluène à 160°.

On a déterminé également la température à laquelle cette décomposition s'emporte et aboutit à une réaction instantanée, en traitant une petite quantité d'explosif dans un tube à essai chauffé au bain d'huile et dont la température était élevée progressivement. On a trouvé ainsi dans deux essais successifs pour cette température : 281°-286°. Ces résultats ne sont d'ailleurs qu'approximatifs et constituent une limite inférieure de la température réelle d'emportement de la décomposition.

En effet, l'accélération progressive de cette décomposition peut accroître suffisamment la quantité de chaleur dégagée pour que la

Digitized by Google

température de la substance s'élève graduellement malgré la présence de la source de chaleur à température constante qui fonctionne alors comme réfrigérant. Nous avons constaté ce fait dès la température de 200°.

Deux petites ampoules en verre terminées par une pointe effilée sont remplies de trinitrotoluène en poudre et sec. Dans la première on introduit $0^g,995$ de substance; dans la seconde $0^g,923$; on ajoute également dans cette dernière du sable quartzeux préalablement desséché. Les deux ampoules, l'extrémité effilée s'ouvrant à l'air libre, sont placées dans un bain d'huile maintenu à 200°. Après 5 heures de chauffage, le trinitrotoluène s'échappe en une masse noirâtre de la première ampoule; il est donc monté spontanément à la température où, pour l'état de décomposition auquel il est parvenu, la réaction s'emporte. Au contraire, dans la seconde ampoule où le sable sert à absorber l'excès de chaleur dégagé par la décomposition, celle-ci ne s'emporte pas, même après 9 heures de chauffage.

III. — Influence du chauffage du trinitrotoluène sur son point de fusion.

Les échantillons de trinitrotoluène employés dans les expériences de décomposition relatées ci-dessus ont été extraits de leurs tubes par le toluène et, après dessiccation, on en a pris le point de fusion sur le mercure :

	Point de fusion.
Échantillon de la deuxième expérience à 180°.....	78°
Échantillon de l'expérience à 201°.....	77
Échantillon de l'expérience à 217°,5.....	59

On constate donc une baisse du point de fusion d'autant plus grande que l'explosif a été plus profondément décomposé.

Cette propriété a été mise à profit pour étudier l'influence de chauffages à 130° et à 145°-150° sur du trinitrotoluène sec dont le point de fusion initial était de 80°,7. Les points de fusion ont été pris par la méthode de la surfusion.

Après 100 heures de chauffage à 130° au bain d'huile, on ne constate aucune modification du point de fusion de l'explosif; le

Digitized by Google

même échantillon est alors chauffé à 145°-150°; les résultats obtenus sont les suivants :

			Point de fusion.
			°
Après	0 h	de chauffage.....	80,75
»	18	»	80,66
»	32	»	80,60
»	42	»	80,55
»	80	»	80,25
»	93	»	80,05
»	97	»	80,05
»	108	»	79,75
»	127	»	80,20
»	144	»	80,15
»	158	»	80,13
»	177	»	79,90

Tous ces résultats ont été obtenus avec le même thermomètre dont on a vérifié l'invariabilité au cours des expériences. On constate donc une baisse irrégulière mais indiscutable du point de fusion qui met en évidence une décomposition certaine du trinitrotoluène dès 150°. En revanche cet explosif paraît encore très stable à 130°. On voit également que si l'on veut améliorer le point de fusion d'un trinitrotoluène en le séchant, il convient de ne pas dépasser 130°, car par un chauffage à température plus élevée on abaisserait le point de fusion au lieu de l'élever.

Pour conclure, si nous rapprochons les premiers résultats exposés ci-dessus des recherches de M. Sapojnikoff sur la décomposition de la nitrocellulose (*Mémorial des Poudres*, t. XIV, p. 42), on constate que, tout au moins au début du chauffage, la décomposition du trinitrotoluène par la chaleur se produit d'une façon absolument analogue à celle du coton-poudre; cette décomposition s'accélère pendant les premières heures de chauffage; elle se manifeste déjà à 150°, elle augmente rapidement quand on élève la température; dès 200° elle aboutit à une décomposition brusque si l'on n'ajoute pas au trinitrotoluène une matière inerte.

Elle se produit à des températures beaucoup plus élevées que celles du coton-poudre. C'est ainsi que, d'après les diagrammes de Sapojnikoff, la nitrocellulose soluble à 12 pour 100 d'azote dégage, à 120°, 14^{mm^3} de gaz dans les dix premières heures de chauffage :

Digitized by Google

c'est à peu près la vitesse de décomposition du trinitrotoluène aux environs de 180°. On peut également comparer les températures où cette décomposition s'emporte immédiatement et qui sont pour le coton-poudre de 155° à 165° et pour le trinitrotoluène de 285° environ. Si donc la même différence se poursuit aux basses températures, ce qui paraît assez probable, on peut présumer de l'expérience acquise dans la conservation du coton-poudre que pratiquement le trinitrotoluène est un explosif parfaitement stable à la température ordinaire.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1910 (1).

(Extrait.)

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1910.

Ce Rapport, établi conformément à l'article 4 du Décret constituant la Commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1910;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année 1910.

RAPPORT N° 224. — *Sur les grisoutines au nitrate de soude de la Société générale pour la fabrication de la dynamite.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 24 novembre 1909, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission la copie d'une demande formée par

(1) *Voir* 1 432, 2 573, 3 171, 4 205, 5 68, 6 211, 7 139, 8 60, 9 118, 10 17, 284, 11 47, 220, 12 43, 115, 13 141, 267, 14 26, 176 et 15 117 et 175 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1910.

Digitized by Google

la Société générale pour la fabrication de la dynamite, tendant à être autorisée à fabriquer deux nouveaux types de grisoutine BS et GS à 5 pour 100 de nitrate de soude. La Commission était priée de faire connaître son avis sur la suite à donner à cette demande.

Les formules visées par la demande de la Société générale sont les suivantes :

	Grisoutine BS.	Grisoutine CS.
Nitroglycérine	11,76	29,10
Coton azotique.....	0,24	0,90
Nitrate d'ammoniaque.....	83,00	65,00
Nitrate de soude.....	5,00	5,00
	100,00	100,00

Ces formules sont presque identiques à celles qui ont été antérieurement proposées par la Société française des Explosifs et qui ont été l'objet d'un avis défavorable de la Commission (Rapport n° **221**).

La plupart des observations générales faites dans les Rapports n^{os} **219**, **221** et **222** subsistent pour les nouveaux types.

La Commission a reçu, pour ses essais, 1^{kg} de chacune des grisoutines BS et GS de la fabrication d'Ablon et les mêmes quantités de la fabrication de Paulilles. Ces quatre échantillons étaient en bon état.

Les cartouches ont été examinées en détail et l'on a déterminé leur densité et leur humidité. D'autre part, la détermination du taux de nitroglycérine a été faite, dans l'appareil Soxhlet, par épuisement à l'éther et l'on a obtenu 11,65 pour 100 pour la grisoutine BS d'Ablon et 11,45 pour 100 pour la même grisoutine de Paulilles.

Des mesures de vitesse de détonation ont été faites sur des cartouches amorcées à 0^{g},50 de fulminate et sur les mêmes explosifs réencartouchés, sous diverses densités, dans des étuis en papier de diamètres variables.

En outre, la Commission a effectué les essais habituels concernant l'action de la chaleur et celle de l'humidité.

De ces essais, il résulte que les échantillons de grisoutines BS et GS se sont très bien comportés aux épreuves de chaleur et d'humidité; toutefois, l'échantillon BS de Paulilles s'est montré

Digitized by Google

nettement inférieur aux autres et n'a pas détoné complètement sous l'action de l'amorce à 0g, 50 de fulminate.

D'autre part, les températures de détonation de ces dynamites ont été trouvées inférieures aux limites fixées par la Circulaire du 1er août 1890 du Ministre des Travaux publics, relative aux explosifs autorisés dans les mines grisouteuses.

Mais les inconvénients d'hygroscopicité qui ont fait émettre un avis défavorable sur les grisoutines au nitrate de soude de Cugny subsistent pour celles d'Ablon et de Paulilles.

En conséquence, la Commission a été d'avis de ne pas accorder l'autorisation de fabriquer, demandée par la Société générale pour la fabrication de la dynamite.

RAPPORT N° 225. — *Sur les naphtites de la Société générale pour la fabrication de la dynamite.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 29 septembre 1909, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission une demande formée par la Société générale pour la fabrication de la dynamite, en vue d'obtenir l'autorisation de fabriquer deux types d'explosifs contenant de la nitroglycérine et dénommés « Naphtite n° 1 » et « Naphtite grisoutine », ainsi que l'assimilation de ces deux explosifs aux explosifs de sûreté et la réduction à 1fr de l'impôt à percevoir.

M. le Ministre priait la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner aux différentes questions visées dans cette demande.

Enfin, la Société pétitionnaire ayant demandé à avoir connaissance des objections qui pourraient être faites à sa demande, le Ministre autorisait la Commission à lui donner, le cas échéant, satisfaction sur ce point.

L'étude entreprise par la Commission a été divisée en sept parties :

1° Renseignements généraux (composition, examen des échantillons, etc.);

2° Température de détonation;

3° Épreuves de chaleur et d'humidité;

Digitized by Google

4° Sécurité de transport;
5° Impôt;
6° Observation du monopole;
7° Résumé et conclusions.

I. *Renseignements généraux.* — Les formules des deux explosifs présentés étaient les suivantes :

	Naphtite n° 1.	Naphtite grisoutine.
Nitroglycérine.....	4	4
Mononitronaphtaline.....	8	4
Nitrate d'ammoniaque....	88	92
	100	100

Ces explosifs sont donc intermédiaires entre les grisoutines et les poudres Favier.

La Commission a reçu pour ses essais 1^{kg} de chacun des deux types de naphtites provenant de la Dynamiterie d'Ablon et la même quantité provenant de la Dynamiterie de Paulilles.

Ces explosifs étaient encartouchés dans deux enveloppes, dont l'une était paraffinée, et les cartouches elles-mêmes étaient réunies dans des paquets paraffinés. La matière des naphtites d'Ablon s'était tassée dans les enveloppes; celle des naphtites de Paulilles n'avait subi aucun tassement.

Les cartouches ont été mesurées et pesées; on a déterminé la densité correspondante ainsi que leur humidité lors de l'ouverture des paquets paraffinés. D'après l'aspect des échantillons, les produits employés à Ablon et à Paulilles paraissent différer notablement.

On a mesuré les vitesses de détonation obtenues avec les cartouches amorcées à 1^{g},50 de fulminate et l'on a fait quelques essais sommaires sur l'aptitude à la détonation des explosifs présentés.

Les cartouches de Naphtite n° 1 n'ont pas détoné complètement sous l'action d'un détonateur de 1^{g},50. Les autres échantillons n'ont pas présenté le même inconvénient, mais des réserves doivent cependant être faites sur leur aptitude à transmettre la détonation.

Digitized by Google

II. *Température de détonation.* — Le calcul de la température de détonation de la naphtite grisoutine a donné $t = 1651°$. Cette température est inférieure à la limite de 1900° prévue par les règlements miniers pour le travail au rocher dans les mines grisouteuses.

III. *Épreuves de chaleur et d'humidité.* — Les naphtites ont été soumises aux essais ordinaires à l'action de la chaleur et à celle de l'humidité, comparativement avec la gomme 92—8 d'Ablon, avril 1909.

Sous l'action de la chaleur, l'échantillon de gomme s'est affaissé en augmentant de diamètre, ceux de naphtites ont légèrement augmenté de dimensions dans tous les sens. Les taches laissées par les naphtites présentent la teinte jaune de la mononitronaphtaline, de sorte que l'exsudation constatée paraît due, au moins en partie, à ce dernier composant.

Sous l'action de l'humidité, les cartouches des divers échantillons, munies ou dépourvues de leurs enveloppes paraffinées, ont donné lieu aux constatations suivantes :

Les cartouches à enveloppes paraffinées sont restées en bon état; mais en ce qui concerne la naphtite grisoutine de Paulilles, l'encartouchage paraffiné ne paraît pas avoir été suffisamment efficace.

Les essais sur les cartouches sans enveloppes paraffinées ont montré que les naphtites exsudent difficilement sous l'action de l'humidité.

IV. *Sécurité de transport.* — On a cherché à obtenir l'inflammation des naphtites, soit à la bougie à l'air libre, soit avec le bec Bunsen, et elles se sont comportées, à ce point de vue, comme les explosifs Favier.

En ce qui concerne la transmission de l'explosion par chocs, les essais que la Commission a effectués ont montré que les trois explosifs, Favier, Grisoutines et Naphtites, présentent des caractères très voisins.

Enfin, en ce qui concerne les dangers d'exsudation de la nitroglycérine, les essais ont montré que les naphtites présentent des garanties très importantes, et l'on pourrait très vraisemblablement

Digitized by Google

les classer comme explosifs de sûreté, mais on peut toujours craindre que les essais entrepris n'aient pas été suffisants pour établir que l'exsudation ne se produira jamais, et il a paru préférable de réserver cette solution.

V. *Impôt.* — Dans les essais à la bombe, faits au Laboratoire central des Poudres, les échantillons de naphtites des différentes provenances se sont montrés aussi identiques que possible; les valeurs des pressions correspondant aux diverses densités de chargement, obtenues expérimentalement, diffèrent peu des valeurs calculées, et l'application aux naphtites de la règle admise pour la fixation de l'impôt sur les explosifs monopolisés conduirait aux valeurs suivantes :

Poudre noire.....	$f = 2919$	Impôt $= 0^{fr},50$
Naphtite n° 1.....	$= 8600$	» $= 1,45$
Naphtite grisoutine.....	$= 7700$	» $= 1,30$

La demande de la Société générale tendant à réduire à 1^{fr} l'impôt à percevoir sur les naphtites ne saurait donc être admise.

VI. *Observation du monopole.* — On a étudié la sensibilité à l'amorce des absorbants des deux naphtites et, à cet effet, on a fabriqué au mortier deux explosifs contenant du nitrate d'ammoniaque et de la mononitronaphtaline en proportions différentes.

Les différents essais auxquels ces deux mélanges ont été soumis ont montré qu'ils forment des explosifs; leur fabrication par l'industrie privée, même à titre d'absorbant, serait contraire à la loi, et il n'y aurait pas d'ailleurs intérêt à ce que l'État entreprît cette fabrication.

VII. *Résumé et conclusions.* — L'étude des diverses questions visées dans la demande de la Société générale pour la fabrication de la dynamite est résumée ci-après :

1° En ce qui concerne l'emploi dans les mines grisouteuses, la température de détonation de la naphtite grisouteuse étant inférieure à 1900°, l'emploi de cet explosif pourrait être autorisé pour le travail au rocher.

2° En ce qui concerne le transport par chemin de fer, les essais sommaires ont montré que les deux explosifs donnent, au choc ou

Digitized by Google

par combustion, des résultats analogues à ceux des poudres Favier et qu'ils présentent, au point de vue de l'exsudation de la nitroglycérine, des garanties très importantes; toutefois, ces essais n'ont pas paru suffisants pour affirmer que l'exsudation n'aura jamais lieu. Le classement comme explosifs de sûreté des naphtites ou autres dynamites à faible taux de nitroglycérine doit donc être réservé.

3° En ce qui concerne l'impôt, la réglementation actuelle fixe uniformément à $1^{fr},50$ l'impôt à percevoir sur tous les types de dynamites et aucune dérogation ne paraît devoir être admise avant l'achèvement de l'étude générale de la taxation des explosifs de mine, actuellement soumise à l'examen de la Commission. D'ailleurs, le calcul de l'impôt par la force réelle en vase clos conduirait, pour les deux naphtites présentées, à des taxations de $1^{fr},45$ et $1^{fr},30$, très supérieures à celle de 1^{fr} demandée par la Société générale de la Dynamite.

4° En ce qui concerne l'observation des lois du monopole, les essais ont montré que les absorbants entrant dans la composition des naphtites sont de véritables explosifs et que leur fabrication par l'industrie privée serait illégale.

D'autre part, même en les supposant classées comme explosifs de sûreté, les naphtites ne paraissent posséder aucune supériorité véritable sur les explosifs similaires actuellement fabriqués par l'État ou l'industrie privée; l'un des échantillons présentés est même pratiquement inutilisable, à cause de sa sensibilité insuffisante à l'amorce. Il n'y a donc pas intérêt à ce que l'État entreprenne la fabrication des absorbants explosifs entrant dans la composition des naphtites.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il n'y avait pas lieu d'autoriser la fabrication des naphtites de la Société générale pour la fabrication de la dynamite.

RAPPORT N° 226. — *Sur un nouveau type de dynamite n° 2 présenté par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 10 novembre 1909, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission la copie d'une demande formée par

Digitized by Google

la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, en vue d'obtenir l'autorisation de fabriquer, dans ses usines de Saint-Martin-de-Crau et de Billy-Berclau, un nouveau type de dynamite. Le Ministre invitait la Commission à lui faire connaître le plus tôt possible son avis sur la suite à donner à cette demande.

La composition de la nouvelle dynamite présentée était la suivante :

Nitroglycérine.....	48
Coton nitré.....	1
Nitrate de potasse.....	37
Cellulose.....	14
	100

C'était donc une dynamite n° 2 gélatinée par 1 pour 100 de coton nitré.

La Commission a reçu, pour ses essais, un échantillon de 1^{kg} de dynamite, provenant de Saint-Martin-de-Crau.

L'échantillon était en bon état; les cartouches ont été examinées en détail. On a déterminé leur densité et leur humidité.

La mesure de la vitesse de détonation a donné 3440^{m}.

Les essais sous l'action de la chaleur et de l'humidité ont été faits sur l'échantillon présenté, comparativement aux deux gommes 92 — 8, d'Ablon et de Cugny, fabriquées en avril 1909.

L'échantillon de dynamite gélatinée n° 2, reçu de Saint-Martin-de-Crau, s'est très bien comporté aux épreuves de chaleur et d'humidité.

En conséquence, la Commission a été d'avis d'autoriser la fabrication de cette nouvelle formule de dynamite.

Rapport n° 227. — *Sur le mode d'emploi du Prométhée.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 22 septembre 1908, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission un dossier relatif à certains modes d'emploi du Prométhée, préconisés par les fabricants et, conformément à une demande de son collègue des Travaux publics, le Ministre invitait la Commission à lui donner son avis sur l'innocuité de ces procédés.

Digitized by Google

Pour cet explosif, les fabricants recommandent l'amorçage au moyen d'une cartouche de poudre noire comprimée et l'enlèvement du papier des cartouches avant leur introduction dans les trous de mine.

Par une seconde dépêche du 29 septembre 1909, en communiquant les dossiers de deux accidents dus à l'explosion inopinée, par bourrage de coups de mine chargés avec l'explosif « Prométhée », M. le Ministre signalait qu'il y aurait intérêt, pour le Département des Travaux publics, à connaître, d'une manière aussi exacte que possible, les mesures de sécurité qu'il conviendrait de prendre en pareil cas et, en conséquence, il invitait la Commission à entreprendre cette nouvelle étude et à le tenir au courant des résultats obtenus.

Le premier dossier communiqué comprenait une lettre de M. le Président de la Commission du Grisou, un Rapport de M. l'ingénieur des Mines Aron, un avis de M. l'ingénieur en chef Mention et deux notices de la Société française du nouvel explosif Prométhée. Toutes ces pièces se rapportent à l'emploi de l'amorçage à la poudre noire et à l'enlèvement de l'enveloppe des cartouches au moment de l'emploi. Elles sont consacrées à la discussion des avantages et des inconvénients de ces procédés.

Le second dossier communiqué est relatif à deux accidents survenus, l'un le 1er juin 1909, à l'ardoisière de la Grand'Maison, et l'autre, le 5 juin 1909, à l'ardoisière de la Renaissance, et comprend, pour chaque accident, une lettre du Préfet de Maine-et-Loire, un rapport de M. le contrôleur des Mines Grard et un avis de M. l'ingénieur en chef de Grossouvre, où sont détaillées les diverses circonstances dans lesquelles ces accidents se sont produits et les dommages auxquels il ont donné lieu.

Dans ses essais, la Commission a étudié expérimentalement l'amorçage du Prométhée par la poudre noire dans diverses conditions : dans la terre, dans le béton, dans des tubes en fer; elle a recherché la charge minimum produisant l'inflammation, avec ou sans bourrage. On a généralement laissé le papier chiffon des cartouches, même sur les bouts, le canal central seul étant libre pour l'inflammation; mais, dans quelques essais, on a complètement enlevé le papier.

La charge minimum de poudre noire nécessaire pour l'allumage

Digitized by Google

du Prométhée paraît devoir varier avec les conditions d'emploi et principalement avec la nature du terrain. Dans un terrain compressible et fissuré, l'allumage est difficile; dans un terrain résistant, des charges d'amorçage voisines de celles qui sont indiquées dans le prospectus du fabricant, soit 10 pour 100 du poids du Prométhée avec un minimum de 20^{g} à 30^{g}, paraissent suffisantes. L'enlèvement du papier des cartouches ne paraît guère faciliter l'inflammation. Dans tous les cas, il ne semble pas devoir se produire de culots dès que l'amorçage est convenable.

Mais une importante réserve doit être faite. Le Prométhée étant plus sensible au choc que la poudre noire, le mélange de ces deux explosifs donnerait un produit dont la sensibilité paraît devoir être excessive. L'amorçage du Prométhée à la poudre noire ne paraît donc pouvoir être admis qu'à la condition qu'il ne puisse pas se produire un mélange des deux explosifs; en d'autres termes, l'amorce de poudre noire doit présenter, au point de vue du bourrage de la poudre, des garanties analogues à celles de l'amorce au fulminate; l'emploi d'une cartouche amorce en poudre comprimée, soigneusement enveloppée dans un papier résistant, pourrait, par exemple, être adopté.

Au point de vue de la sécurité d'emploi du Prométhée, les questions soulevées par l'enlèvement des enveloppes et par les accidents de juin 1909 ont été réunies dans une étude de la sécurité d'emploi de cet explosif.

D'après les résultats d'une étude antérieure sur le bourrage des trous de mine, la Commission a été conduite à restreindre l'étude de la sécurité d'emploi des explosifs à des comparaisons faites dans des essais de laboratoire pouvant s'écarter des conditions pratiques, mais susceptibles de donner des résultats réguliers. Le Prométhée a été comparé à la dynamite et à la cheddite dans des essais au choc, de propagation de l'explosion par le choc et par l'inflammation.

Il résulte de l'ensemble de ces essais que le Prométhée présente, à l'emploi, moins de sécurité que la cheddite.

Mais, abstraction faite des dangers d'exsudation de la nitroglycérine, la comparaison du Prométhée et de la dynamite est moins précise. La sensibilité élémentaire au choc est la même, mais le Prométhée transmet mieux l'inflammation, tandis que la dynamite

Digitized by Google

transmet plus facilement l'effet du choc; avec le Prométhée, on n'a guère à craindre qu'une inflammation généralisée. Dans un trou de mine, le danger paraît devoir être le même dans les deux cas et, si l'on peut estimer que le Prométhée est moins dangereux que la dynamite à l'air libre, on est également conduit à admettre que ces deux explosifs doivent être à peu près équivalents au point de vue des dangers d'emploi dans les mines. Enfin, il a paru important de rappeler que les garanties exceptionnelles de sécurité de l'explosif Prométhée, se rapportent exclusivement à sa fabrication et à son transport. (Rapport du 11 janvier 1900.)

Au sujet de l'enlèvement des enveloppes, la Commission a pensé qu'il conviendrait de prescrire, dans l'emploi du Prométhée, des mesures de sécurité analogues à celles qui sont ordonnées pour la dynamite. L'enlèvement des enveloppes ne devrait pas être autorisé, mais on pourrait cependant, comme pour la dynamite, tolérer l'enlèvement du papier sur les bases de deux cartouches en contact, pour faciliter la transmission de l'explosion par une légère augmentation des surfaces d'inflammation.

En résumé, l'étude entreprise a conduit la Commission à émettre les avis suivants, sur les questions qui lui ont été posées :

1° L'amorçage du Prométhée par une cartouche de poudre noire disposée au sommet de la charge paraît pouvoir être admis, à condition que cette amorce présente, au point de vue du tamisage de la poudre, des garanties analogues à celles de l'amorce au fulminate; l'emploi d'une cartouche amorce en poudre comprimée, soigneusement enveloppée dans un papier résistant, pourrait par exemple être adopté.

La charge minimum de poudre noire nécessaire pour l'allumage du Prométhée varie avec les conditions d'emploi. Il semble cependant que les charges conseillées par le prospectus communiqué à la Commission, soit de 10 pour 100 de la charge de Prométhée avec un minimum de 25^{g} environ, sont suffisantes dans les conditions ordinaires d'emploi de cet explosif, c'est-à-dire dans des terrains résistants sous bon bourrage.

2° Abstraction faite des dangers spéciaux d'exsudation de la nitroglycérine, les essais de laboratoire conduisent à attribuer au Prométhée une sécurité d'emploi voisine de celle de la dynamite.

Digitized by Google

On est conduit à prescrire des mesures de sécurité analogues pour ces deux explosifs.

En particulier, l'enlèvement des enveloppes ne semble pas devoir être autorisé; seul l'enlèvement du papier sur les bases de deux cartouches en contact pourrait être toléré.

RAPPORT N° 228. — *Sur un nouveau type d'explosif proposé par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Dans son Rapport n° 210 du 10 décembre 1908, la Commission avait étudié un explosif formé de 70 parties de nitrate de soude et de 30 parties de trinitronaphtaline, dont la sensibilité insuffisante à l'amorce a paru s'opposer à une utilisation avantageuse dans les exploitations minières.

La Commission avait donc émis l'avis qu'il n'y avait pas lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de cet explosif; mais elle estimait toutefois que l'amélioration de ses propriétés explosives ne lui semblait pas impossible.

Ultérieurement, la question a été posée de savoir si ces inconvénients ne pouvaient pas être évités par une diminution de la densité de chargement des cartouches ou par l'amorçage au cordeau détonant. Dans son Rapport n° 215 du 13 mai 1909, la Commission a constaté que le nouvel échantillon encartouché par le pétitionnaire présentait les mêmes inconvénients que l'ancien; d'autre part, le cordeau détonant présenté ne permettait pas d'améliorer le fonctionnement de l'explosif. Dans ces conditions, la Commission n'avait pu que maintenir les conclusions de son Rapport antérieur, du 10 décembre 1908.

A la suite de cet avis, la Société anonyme d'Explosifs a proposé la nouvelle formule suivante :

Nitrate de soude.....	58
Trinitronaphtaline.....	27
Nitrate d'ammoniaque....	15
	100

dans laquelle le nitrate d'ammoniaque a été introduit en vue

Digitized by Google

d'augmenter la sensibilité. C'est cette demande qui a été communiquée à la Commission, pour examen et avis, par dépêche du Ministre de la Guerre, en date du 27 août 1909.

La Commission, considérant que l'avantage économique attribué à l'ancienne formule paraissait devoir subsister pour le nouvel explosif, s'est bornée à étudier sa sensibilité, sa force et sa conservation. Cette nouvelle étude a été divisée en trois parties, savoir :

1° Sensibilité à l'amorce; 2° hygroscopicité; 3° force en vase clos.

La Commission a reçu un échantillon de 20^{kg} du nouvel explosif provenant de la Dynamiterie de Billy-Berclau. Les cartouches étaient réunies en paquets paraffinés de $2^{kg},500$. La matière était encartouchée sous trois enveloppes; elle était jaune et pulvérulente, et les cartouches ne conservaient leur forme cylindrique que par le soutien de leur enveloppe, de telle sorte que les chiffres trouvés, relatifs aux dimensions de la matière nue, n'ont pu être qu'approximatifs.

La Commission a étudié la sensibilité à l'amorce des cartouches de l'échantillon, leur aptitude à propager la détonation, les vitesses de détonation et la compressibilité de la matière à 6 pour 100 environ d'humidité.

Il résulte de ces essais que le nouvel explosif aux nitrates de soude et d'ammoniaque présente plus de garanties de détonation que l'explosif précédemment proposé. Sa densité en cartouche est voisine de 1,20 et, à l'humidité de 0,6 pour 100 environ, la densité limite est de 1,40; elle n'a été obtenue que par une pression de 200^{kg} appliquée sur des cartouches de 30^{mm}.

La détonation complète des charges a paru bien assurée, à condition de ne pas laisser d'intervalle excessif entre les cartouches. Un fonctionnement défectueux ne paraît guère devoir résulter que d'une reprise d'humidité de la matière.

Au point de vue de l'hygroscopicité, la Commission a étudié :

1° L'influence de l'humidité sur l'aptitude à la détonation du nouvel explosif;

2° Les reprises de l'humidité dans des atmosphères plus ou ou moins saturées;

3° L'efficacité de l'encartouchage.

Digitized by Google

De ces essais il résulte qu'aux faibles densités l'humidité a une influence négligeable sur les vitesses de détonation. Aux fortes densités, les vitesses et la densité limite sont diminuées; toutefois, cette action ne devient guère appréciable qu'à partir de 5 pour 100 d'humidité.

La compressibilité croît avec l'humidité, mais n'est pas excessive pour des teneurs en eau inférieures à 5 pour 100.

Les résultats obtenus dans la comparaison des divers mélanges hygroscopiques paraissent pouvoir être interprétés en disant que la vitesse initiale d'humidification croît avec le taux de nitrate de soude, mais que l'humidité maximum dépend surtout de la proportion de nitrate d'ammoniaque du mélange.

L'encartouchage de l'échantillon présenté, expérimenté sur quatre cartouches exposées dans une caisse à moitié remplie de sciure de bois humide pendant des durées variables, a été trouvé très efficace. Seule, la deuxième cartouche a accusé une assez forte humidité après 35 jours d'exposition; mais l'humidité réalisée par cette cartouche ne paraît pas devoir empêcher la détonation complète des charges dans les trous de mine.

Au point de vue de la force, en adoptant $\alpha = 0{,}7$, légèrement supérieur au covolume théorique, les résultats obtenus aux densités 0,25 et 0,30 ont donné $f = 5875$.

En résumé, se référant aux deux Rapports précités, la Commission a limité son examen à l'aptitude à la détonation du nouvel explosif.

Il résulte de ses études que l'échantillon présenté possède des garanties suffisantes de bon fonctionnement. Cependant, cet explosif, très hygroscopique, est susceptible de s'humidifier notablement, même par temps relativement sec.

Des précautions spéciales paraissent donc devoir être prises pour sa mise en cartouche par temps humide. Enfin, un encartouchage étanche très soigné est indispensable : celui qui a été réalisé par la Société pétitionnaire semble satisfaisant.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il y avait lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de ce nouvel explosif.

Digitized by Google

RAPPORT N° 229. — *Sur un nouveau type de Cheddite à base de chlorate de soude.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 7 octobre 1909, M. le Ministre de la Guerre, en communiquant à la Commission une demande de la Société universelle d'Explosifs et de Produits chimiques en vue d'obtenir la fabrication d'une nouvelle formule de Cheddite à base de chlorate de soude, l'a invitée à lui faire connaître son avis, d'une part, sur les garanties présentées par l'explosif proposé, au point de vue de la préparation, de la conservation et de l'emploi et, d'autre part, sur l'intérêt que pourrait présenter sa fabrication et sa mise en vente par l'État.

La Commission, dans ses Rapports nos 172, 175 et 194, avait émis des avis défavorables sur la fabrication de deux types de Cheddites au chlorate de soude, estimant que l'un et l'autre pouvaient être améliorés au point de vue de leur aptitude à la détonation, qui avait paru insuffisante.

Le nouveau type présenté avait la composition suivante :

Chlorate de soude.....	79
Dinitrotoluène	16
Huile de ricin.....	5
	100

Il a paru inutile de reprendre l'étude de sécurité de fabrication des Cheddites au chlorate de soude. On a donc principalement étudié la sensibilité à l'amorce du nouvel explosif, son hygroscopicité et l'influence de l'humidité sur ses propriétés explosives et, enfin, on a déterminé sa force en vase clos, cette caractéristique devant servir à la fixation de l'impôt.

Ces différents essais ont fait l'objet de trois parties distinctes de ce Rapport.

Pour leur exécution, la Commission a reçu de la Société universelle d'Explosifs et de Produits chimiques trois échantillons de 5^{kg}, 10^{kg} et 5^{kg} du nouvel explosif. Toutes les déterminations ont pu être faites sur l'échantillon de 10^{kg}.

Digitized by Google

La matière, blanc jaunâtre, est un mélange de poussier et de grains, ceux-ci s'écrasant assez facilement sous les doigts. Chaque cartouche est de 120^{g} environ et enveloppée d'un seul papier paraffiné, laissant parfois à désirer, surtout aux extrémités.

Plusieurs cartouches ont été examinées; on a déterminé leur densité et leur humidité par exposition dans le vide sec.

Au point de vue de la sensibilité à l'amorce, la Commission a : 1° déterminé la sensibilité à l'air libre sur plaques de plomb; 2° étudié la propagation de la détonation dans une file de cartouches; 3° mesuré les vitesses de détonation et la compressibilité de l'explosif; 4° observé la contraction des cartouches à la suite d'étuvage à 30°-40°.

Les essais ordinaires de sensibilité à l'amorce et de transmission de la détonation, exécutés sur les cartouches de l'échantillon, ont donné des résultats satisfaisants.

La densité limite des cartouches de papier est voisine de 1,65, elle est nettement supérieure à la densité d'encartouchage, 1,55 environ, ainsi qu'à la densité des cartouches examinées au bout de quelque temps d'emmagasinage.

Les essais de compression ont montré qu'on peut comprimer les cartouches sous une pression totale voisine de 50^{kg}, sans avoir de détonations incomplètes, et les essais d'étuvage ont montré que les cartouches pouvaient supporter un chauffage assez prolongé, à des températures relativement élevées, sans se contracter sensiblement.

Au sujet des inconvénients qui pourraient être dus à l'hygroscopicité du nouveau type de Cheddite, l'étude a porté sur les trois points suivants :

1° Variation, avec l'humidité, des propriétés explosives;

2° Reprises d'humidité dans des atmosphères plus ou moins saturées;

3° Efficacité de l'encartouchage, en mesurant l'humidité de la matière des cartouches après exposition dans une atmosphère humide.

Les essais ont consisté : dans la mesure des compressibilités et des vitesses de détonation de l'explosif humide; dans celle des humidités en atmosphères plus ou moins saturées et, enfin, les

Digitized by Google

cartouches du nouvel explosif ont été éprouvées au point de vue de l'étanchéité des enveloppes.

On a trouvé que le nouveau type de Cheddite exige, pour bien fonctionner, une humidité inférieure à 1 pour 100. Par temps humide, l'explosif peut atteindre des humidités supérieures; un encartouchage bien étanche est donc nécessaire.

L'encartouchage de l'échantillon présenté a paru insuffisant. Il serait donc utile d'améliorer cet encartouchage et d'employer les cartouches le plus rapidement possible après l'ouverture des paquets paraffinés qui les renferment.

Au point de vue de la force du nouvel explosif, la Commission a exécuté des essais en vase clos à diverses densités de chargement; cette force a été trouvée égale à 7360, supérieure à celle des types précédemment proposés. Cette force élevée de la nouvelle Cheddite a été mise en évidence par des épreuves dans le plomb, toutefois, sa supériorité sur le type O n° 2, précédemment présenté, n'est plus que de 5 pour 100, alors qu'elle était de 14 pour 100 en vase clos.

En résumé, la Commission, se référant à ses Rapports antérieurs sur les Cheddites 60 N et 60 N modifié, a limité son examen à l'aptitude à la détonation du nouvel explosif présenté. Elle a conclu que l'explosif présente, au point de vue de l'emploi et de la conservation, des garanties satisfaisantes et réalise l'amélioration demandée par la Commission. Toutefois, l'hygroscopicité du chlorate de soude entraîne la nécessité d'un encartouchage étanche et l'efficacité du paraffinage de l'échantillon présenté paraît pouvoir être augmentée.

En conséquence, la Commission a émis l'avis qu'il y aurait intérêt pour l'État à fabriquer et à mettre en vente ce nouvel explosif, le chlorate de soude étant offert par la Société universelle d'Explosifs au prix de 60^{fr} les 100^{kg}.

La Commission a rappelé que la fabrication des Cheddites au chlorate de soude exige des précautions particulières, qui ont été étudiées par la Poudrerie de Vonges en 1906.

Enfin, elle a signalé qu'il y aurait intérêt, d'une part, à améliorer l'encartouchage de l'explosif et, d'autre part, à utiliser les cartouches le plus rapidement possible, après l'ouverture des paquets paraffinés qui les renferment.

Digitized by Google

RAPPORT N° 230. — *Sur un explosif N à 5 pour 100 de salpêtre.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 11 janvier 1910, le Ministre de la Guerre avait communiqué à la Commission, pour examen et avis, une demande formée par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, en vue d'obtenir la livraison par l'État, d'un nouvel explosif de sûreté type N renfermant 5 pour 100 de salpêtre. Pour le cas où elle estimerait qu'il conviendrait d'entreprendre la fabrication du nouvel explosif, la Commission était invitée à faire connaître s'il doit supporter le même impôt que l'explosif n° 1 a^{bis}, contenant 95 parties de nitrate d'ammoniaque et 5 parties de trinitronaphtaline.

La composition du nouvel explosif présenté était la suivante :

Nitrate d'ammoniaque....	90
Nitrate de potasse.....	5
Trinitronaphtaline	5
	100

il ne différait donc de l'explosif N n° 1 a^{bis} que par la substitution de 5 pour 100 de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque. Précédemment, la Commission des Substances explosives et la Commission du Grisou avaient déjà conseillé cette substitution, en vue d'accroître la sécurité.

Pour ses essais, la Commission avait reçu un échantillon de 10kg du nouvel explosif sous forme de cartouches réunies en paquets paraffinés de 2kg,500 environ. L'encartouchage, sous trois enveloppes, était identique à celui du Favier-couche ordinaire. Deux de ces cartouches ont été examinées.

La Commission a déterminé la température de détonation et la sensibilité à l'amorce de la grisounite présentée. Au point de vue de l'hygroscopicité, les matières préalablement desséchées ont été exposées sous cloche, en présence d'acide sulfurique de concentration connue, et l'on a observé les reprises d'humidité de la nouvelle grisounite au salpêtre, comparativement à une grisounite-couche n° 1 a^{bis}, reçue de Saint-Denis, du nitrate d'ammoniaque,

Digitized by Google

du nitrate de soude et des mélanges à base de nitrate d'ammoniaque, contenant, soit 5 pour 100 de nitrate de soude, soit 5 pour 100 de nitrate de potasse.

La force du nouvel explosif a été déterminée par des expériences en vase clos dans la bombe, à diverses densités de chargement, et par le travail dans le plomb, comparativement à la grisounite-couche n° 1 a^{bis} de Saint-Denis.

De ces essais il résulte que la nouvelle grisounite présente, par rapport à la grisounite-couche ordinaire, une infériorité de force de :

5 pour 100 d'après les évaluations théoriques,
10 pour 100 dans la bombe,
3 pour 100 dans le bloc de plomb.

En résumé, le nouvel explosif, présenté par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, ne diffère de l'explosif N n° 1 a^{bis} que par la substitution de 5 pour 100 de salpêtre à une égale quantité de nitrate d'ammoniaque.

La température de détonation du nouvel explosif est inférieure à la limite réglementaire de 1500°.

Au point de vue de la sensibilité à l'amorce, les deux types de grisounite comparés semblent équivalents.

Enfin, la force en vase clos du type salpêtré, $f = 6434$, est inférieure d'environ 10 pour 100 à celle du type sans salpêtre.

En conséquence, la Commission a été d'avis qu'il y avait lieu, pour l'État, d'entreprendre la fabrication de la nouvelle grisounite présentée par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, et que l'impôt à lui faire subir devait différer de celui qui est appliqué à la grisounite-couche n° 1 a^{bis}.

RAPPORT N° 231. — *Sur les bombes paragrêles présentées par M. Jensolen.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 14 juin 1910, le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission une lettre par laquelle M. Jensolen, artificier à Montbonnard (Dordogne), sollicitait l'autorisation de

Digitized by Google

fabriquer des bombes paragrêles de son invention. Par cette dépêche, la Commission était invitée à faire connaître son avis sur la suite à donner à cette demande.

Pour ses essais la Commission a reçu de M. Jensolen 12 bombes paragrêles, ainsi qu'un canon lance-bombe approprié. La composition, le mode de construction de la bombe ainsi que le mode de tir recommandés ont été examinés et étudiés.

L'examen de ces bombes a permis de faire les constatations suivantes :

Poids total de l'engin.....	400g
Poids de la poudre de chasse (290 grains au gramme)	45g
Poids de la charge explosive (noire, pulvérulente)....	76g
Durée de la combustion de la mèche Bickford, servant à l'allumage.....	4 secondes environ

La Commission ne s'est pas préoccupée de l'efficacité des engins présentés, et son étude n'a porté que sur les questions relatives à la sécurité et à l'observation du monopole.

Conformément à une décision de principe prise par la Commission pour tous les engins paragrêles soumis à son examen, 10 bombes Jensolen ont été tirées sur les terrains mis à sa disposition, dans sa séance du 13 septembre 1910. D'après M. Jensolen, le tir se fait sur une rondelle de bois, glissée au fond du tube et, après le tir, le canon est retourné et la rondelle de bois, en descendant, entraîne les morceaux de papier brûlés qui pourraient demeurer au fond du canon.

Dans ces conditions, le tir a été très satisfaisant, l'ascension et la détonation ont toujours été normales ; la rondelle de bois a permis d'évacuer facilement les résidus de papier brûlé. Les bombes paragrêles Jensolen possédaient donc une sécurité d'emploi satisfaisante, mais, par suite de la composition de la charge explosive, une difficulté se présentait : M. Jensolen ayant déclaré que la charge d'explosion de ses engins comprenait 80g d'un mélange formé de 6 parties de chlorate de potasse, 1 partie de charbon de bois de bourdaine et 1 partie de soufre. La Commission a pensé que la fabrication par l'industrie privée d'une poudre chloratée de ce type, en vue de charger des bombes paragrêles, était contraire aux lois du monopole.

Digitized by Google

En conséquence, les bombes paragrêles présentées par M. Jensolen contenant une poudre chloratée qui n'est pas mise en vente par l'État, et dont la fabrication par l'industrie privée est interdite, la Commission a conclu que, dans l'état actuel de la législation, la fabrication de ces engins ne saurait être autorisée.

Rapport n° 232. — *Sur les dynamites au nitroglycol.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 30 avril 1909, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur une demande formée par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, en vue d'être autorisée à fabriquer, dans ses usines de Billy-Berclau et de Saint-Martin-de-Crau, divers types de dynamites incongelables dont les formules étaient les suivantes :

	GOMME extra forte.	GOMME potasse.	GÉLATINÉE 1 A.	GÉLATINÉE 1 B.	GRISOUTINE G.	GRISOUTINE B.
Nitroglycérine	73,50	66,40	51,20	46,00	23,28	9,41
Dinitroglycol	18,50	16,60	12,80	11,50	5,82	2,35
Coton nitré	8,00	5,00	3,00	2,50	0,90	0,24
Farine de bois	»	»	8,00	»	»	»
Nitrate de soude	»	»	24,00	»	»	»
Nitrate de potasse	»	10,00	»	32,00	»	»
Magnésie	»	»	1,00	»	»	»
Cellulose	»	2,00	»	8,00	»	»
Nitrate d'ammoniaque	»	»	»	»	69,50	87,50
Carbonate de soude	»	»	»	»	0,50	0,50
	100	100	100	100	100	100

Ces formules ont été obtenues en substituant à la nitroglycérine, dans les types déjà autorisés, un mélange formé de 4 parties de nitroglycérine pour 1 partie de dinitroglycol.

La Commission a remarqué tout d'abord que le dinitroglycol a été étudié, en 1871, par L. Henry et Champion, et que sa préparation se fait exactement comme celle de la nitroglycérine.

Les échantillons sur lesquels la Commission a eu à opérer provenaient de l'usine de Billy-Berclau. On en a tout d'abord déter-

Digitized by Google

miné la densité, le taux d'azote, la sensibilité à l'amorce et au choc, puis on a procédé à des essais de gel sur du nitroglycol pur et l'on a soumis, comparativement à des dynamites ordinaires, les échantillons mixtes de Billy-Berclau à des essais pratiques de gel, à des essais de gel artificiel et à des essais de dégel. Dans ces essais, on n'a observé le gel d'aucun échantillon de dynamite au nitroglycol, tandis qu'au contraire tous les échantillons de dynamites à la nitroglycérine ont gelé. Il en résulte que les nouveaux types de Billy-Berclau ont présenté, au point de vue du gel, une supériorité pratique considérable sur les dynamites à la nitroglycérine; sous le climat français, le gel des nouvelles dynamites ne pourrait être que très rare, et leur dégel serait en tout cas très facile à réaliser.

Les 6 échantillons de Billy-Berclau ont été ensuite soumis aux épreuves ordinaires de chaleur et d'humidité. Ils ont généralement donné des résultats satisfaisants; seule, la gomme potasse à 83 pour 100 a accusé une exsudation excessive à 40°. Toutefois, on a remarqué que les pertes de poids par évaporation ont été beaucoup plus fortes pour les nouveaux types que pour les types à la nitroglycérine.

Le calcul des forces du dinitroglycol, comparées à celles de la nitroglycérine, a attribué une supériorité de 4 pour 100 en faveur du nitroglycol. Dans la bombe, cet avantage a été trouvé de 8 à 20 pour 100, suivant la façon d'interpréter les résultats, et, dans le plomb, il y a eu à peu près égalité.

En ce qui concerne l'impôt, comme la taxation des dynamites est uniforme et s'applique à la force moyenne des divers types utilisés, il a semblé que la taxe habituelle pourrait être conservée pour les nouveaux types modifiés par l'introduction d'une certaine proportion de nitroglycol.

En ce qui concerne le prix de revient, la Société anonyme d'Explosifs a fait connaître qu'étant donné le prix très élevé auquel est actuellement la glycérine, la préparation en grand du glycol permettrait probablement d'atteindre, pour le dinitroglycol, un prix voisin de celui de la nitroglycérine.

Au point de vue de l'application du monopole, la Commission a été unanime à penser qu'il y aurait intérêt à mettre les nouvelles dynamites à la disposition des exploitants de mines et de carrières

Digitized by Google

et elle a recherché dans quelles conditions leur fabrication pourrait être entreprise.

Le dinitroglycol n'est pas un explosif nouveau ; mais, comme il est moins sensible au choc que la nitroglycérine et permet d'obtenir des dynamites presque incongelables, sans restreindre leur sensibilité à l'amorce, il permet de donner plus de sécurité au travail des mines, et il faut trouver un moyen de le mettre à la disposition du public. Comme il ne paraît pas de nature à être fabriqué et livré par l'État, on est conduit à l'assimiler à la nitroglycérine pour la fabrication par l'industrie. Il a semblé que cette solution était la plus simple pour réaliser rapidement l'utilisation industrielle de cet explosif.

En conséquence, la Commission a émis les avis suivants :

1° Le dinitroglycol n'est pas un explosif nouveau. Mais, à cause des dangers que présenterait son transport depuis les Poudreries nationales jusqu'aux Dynamiteries privées, on est conduit à autoriser sa fabrication par l'industrie privée. Cette fabrication pourrait être assimilée à celle de la nitroglycérine; toutefois, la Commission fait des réserves sur la légitimité de cette interprétation de la loi de 1875 ;

2° L'impôt actuel sur les dynamites peut être appliqué, au moins provisoirement, aux nouveaux types au nitroglycol ;

3° L'autorisation de fabriquer la gomme potasse au nitroglycol doit être subordonnée à la présentation, par la Dynamiterie de Billy-Berclau, d'un échantillon exsudant moins facilement sous l'action de la chaleur.

Enfin, la Commission a rappelé que la suppression du carbonate de soude dans les grisoutines B et G et son remplacement par une égale quantité de nitrate d'ammoniaque paraissaient avantageux à réaliser.

RAPPORT N° 233. — *Sur l'emploi du pulvérin comme poudre de mine.*

(Étude confiée à la 1re Section; rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 13 août 1910, le Ministre de la Guerre a demandé l'avis de la Commission sur les inconvénients que pourrait présenter, au point de vue de la sûreté publique, la livraison du

Digitized by Google

pulvérin comme poudre de mine, et au même prix que celle-ci, à d'autres personnes que les artificiers.

Il est résulté, des renseignements recueillis par la Commission, que la question posée ci-dessus faisait suite à une demande de pulvérin faite par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques, et celle-ci, à la date du 20 octobre, a fait connaître les usages auxquels elle destinait le pulvérin qui lui serait livré :

1° Confection de cartouches comprimées pour mines, à canal central;

2° Confection de cartouches comprimées pour mines, pleines, mais munies d'une mèche à étoupille pour la propagation du feu.

L'humectation préalable des matières entraîne la suppression des dangers dans la confection desdites cartouches.

L'intérêt de l'emploi du pulvérin réside dans la possibilité d'obtenir des poudres comprimées lentes, relativement denses, sans être obligé de recourir à des compressions exagérées, difficiles et dangereuses à réaliser pratiquement.

Toutefois, il est inutile d'insister sur ce point, que la question posée visait la livraison du pulvérin à toutes les personnes qui peuvent déjà employer la poudre de mine.

La Commission a tout d'abord examiné la question concernant l'emploi criminel qui pourrait être fait du pulvérin dans les attentats anarchistes. Elle n'a pas cru devoir s'y arrêter, et elle a pensé qu'il n'y avait lieu d'envisager ici que la sécurité de manipulation.

Or, on sait que le pulvérin présente, au point de vue de l'agglomération, des propriétés particulières, en ce qu'elles permettent de réaliser, par compression, des matières plus lentes que celles qu'on obtient par l'emploi de poudres grenées; ce sont d'ailleurs des propriétés de cet ordre qu'a visées, dans sa demande, la Société anonyme d'Explosifs. Pourra-t-on en retirer des avantages notables dans certaines exploitations minières? Seule, la pratique permettra de l'affirmer.

D'autre part, il ne saurait être question d'autoriser le versement à nu du pulvérin dans les trous de mine, et l'emploi d'un encartouchage bien soigné, en vue d'empêcher tout tamisage de matière, paraît indispensable. En outre, la confection des cartouches ne semble pas pouvoir être autorisée sur place, par le personnel ordinaire des mineurs.

Digitized by Google

En résumé, la Commission a émis l'avis que la vente du pulvérin comme poudre de mine, peut être autorisée, à condition que cet explosif ne soit utilisé qu'en cartouches ne répandant pas de poussières, et qu'il soit encartouché dans des conditions suffisantes de sécurité. Elle a pensé que ces conditions de sécurité seraient réalisées, par exemple, en ne livrant le pulvérin, en dehors des artificiers, qu'à des fabriques de cartouches comprimées, déjà classées dans la 1re catégorie des établissements dangereux et insalubres.

II. — Revue des travaux effectués pendant l'année 1910.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un assez grand nombre d'études, parmi lesquelles certaines sont terminées, et d'autres restent en cours d'exécution.

Les études terminées sont comprises dans le Tableau suivant :

NUMÉROS des études.	NUMÉROS des Rapports établis.	OBSERVATIONS.
231	228	Tous ces Rapports ont été analysés plus haut.
232	229	
233	225	
237	226	
241	231	
243	233	

Diverses études ont été continuées et ont abouti à l'établissement des Rapports analysés plus haut, mais ne sont pas encore terminées; d'autres ont été continuées et n'ont pas été l'objet de Rapports en 1910; d'autres enfin ont été entreprises et restent en cours d'exécution.

Ces études sont les suivantes :

Digitized by Google

ÉTUDE N° 44.

Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs.

Cette étude a donné lieu à l'établissement d'une deuxième Note sur le mode de détonation de la dynamite-gomme, et elle se continue.

ÉTUDE N° 157.

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

L'étude reste en cours pour le classement des procès-verbaux d'expériences sur les engins paragrêles, soumis à l'examen de la Commission et des renseignements qui lui parviendront sur le même sujet.

ÉTUDE N° 220.

Accidents survenus dans l'emploi de la Cheddite.

La Commission a continué à recueillir les renseignements relatifs aux accidents survenus dans l'emploi de la Cheddite parvenus à sa connaissance pendant l'année.

ÉTUDE N° 221.

Mode d'emploi de la dynamite et du Prométhée dans le tirage des coups de mines.

Cette étude a donné lieu à l'établissement du Rapport n° 227, analysé plus haut; l'étude reste ouverte et donnera lieu ultérieurement à de nouveaux Rapports.

ÉTUDE N° 229.

Étude des dynamites au dinitroglycol.

Cette étude a donné lieu à l'établissement du Rapport n° 232, analysé plus haut; elle reste en cours pour l'étude d'un type dont l'encartouchage a été modifié.

Digitized by Google

ÉTUDE N° 230.

Étude des conditions d'établissement des dépôts de dynamites de 50^{kg}.

Cette étude est actuellement terminée et vient de faire l'objet d'un Rapport qui a été adressé au Ministre et qui sera analysé dans le prochain compte rendu.

ÉTUDE N° 235.

Examen des demandes de fabrication de grisoutines au salpêtre.

Cette étude a donné lieu, pendant l'année 1910, à l'établissement des Rapports n^{os} 224 et 230 analysés plus haut. Elle reste en cours.

ÉTUDE N° 236.

Taxation des explosifs de mine.

Cette étude est très avancée et donnera lieu prochainement à l'établissement d'un Rapport qui sera adressé au Ministre.

ÉTUDE N° 238.

Nouveaux types de dynamite présentés par la Société anonyme d'Explosifs et de Produits chimiques.

Cette étude, relative à divers types de grisoutines, a fait l'objet d'expériences qui ont eu lieu en juin-juillet 1910, et seront continuées en 1911, d'après un nouveau programme établi par la Commission.

Digitized by Google

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION PENDANT L'ANNÉE 1910.

Au 1er janvier 1910, la Commission des Substances explosives était composée comme il est indiqué ci-dessous :

Membres titulaires :

MM.

Haller, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président;*

Vieille, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président;*

Bertrand, colonel du Génie;

Bruley, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

Hagron, inspecteur général des Poudres et Salpêtres;

Jacob, colonel d'Artillerie coloniale;

Le Chatelier, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut;

Lucas, général d'Artillerie, président de la Commission de réception des Poudres de guerre;

Liouville, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire.*

Membres adjoints :

MM.

Bourgoin, lieutenant-colonel d'Artillerie coloniale;

Chesneau, ingénieur en chef des Mines;

Dautriche, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

Fleuri, capitaine du Génie;

Gosselin, colonel d'Artillerie coloniale;

Lheure, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

Nicolardot, capitaine d'Artillerie;

Philippon, capitaine d'Artillerie;

Picat, chef d'escadron d'Artillerie.

Digitized by Google

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

GRÜNER, vice-président du Comité des Houillères de France;
TAFFANEL, ingénieur des Mines.

Membre adjoint temporairement pour les questions relatives à l'emmagasinement des poudres.

M.

BOIZARD, administrateur des contributions indirectes.

Membres adjoints temporairement pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines :

MM.

BAUDOUIN-BUGNET, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce;
LODIN, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant au tir contre la grêle :

MM.

ANGOT, professeur à l'Institut agronomique;
DABAT, directeur au Ministère de l'Agriculture;
VIOLLE, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses :

MM.

AUDOIN (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris;
BORDES (Ad.), armateur;

Digitized by Google

MM.

Brally, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis;

Estier (H.), armateur;

Giraud, administrateur adjoint de la Société générale des Transports maritimes;

Lebon (A.), président du Comité central des armateurs;

Roux (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

Par décision ministérielle en date du 28 février 1910, M. l'ingénieur général d'Artillerie navale Teillard d'Eyry, a été nommé membre adjoint de la Commission, en remplacement de M. l'ingénieur général Gosselin.

En conséquence, l'état de la Commission, au 31 décembre 1910, est le suivant :

Membres titulaires :

MM.

Haller, membre de l'Institut et du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres, *président*;

Vieille, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut, *vice-président*;

Bertrand, colonel du Génie;

Bruley, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

Hagron, inspecteur général des Poudres et Salpêtres;

Jacob, ingénieur général d'Artillerie navale;

Le Chatelier, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut;

Lucas, général d'Artillerie, président de la Commission de réception des Poudres de guerre;

Liouville, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *secrétaire*.

Membres adjoints :

MM.

Bourgoin, ingénieur en chef d'Artillerie navale;

Chesneau, ingénieur en chef des Mines;

Dautriche, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

Fleuri, chef de bataillon du Génie;

Lheure, ingénieur des Poudres et Salpêtres;

Nicolardot, capitaine d'Artillerie;

Philippon, capitaine d'Artillerie;

Picat, lieutenant-colonel d'Artillerie;

Teillard d'Eyry, ingénieur général d'Artillerie navale.

Digitized by Google

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

GRÜNER, vice-président du Comité des Houillères de France;
TAFFANEL, ingénieur des Mines.

Membre adjoint temporairement pour les questions relatives à l'emmagasinement des poudres :

M.

BOIZARD, administrateur des Contributions indirectes.

Membres adjoints temporairement pour les questions concernant les tirs contre la grêle et les mines.

MM.

BAUDOUIN-BUGNET, directeur du personnel et de la marine marchande au Ministère du Commerce;
LODIN, inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures.

Membres adjoints temporairement pour les questions se rapportant aux tirs contre la grêle :

MM.

ANGOT, professeur à l'Institut agronomique;
DABAT, directeur au Ministère de l'Agriculture;
VIOLLE, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Membres adjoints temporairement pour les questions de modifications aux règlements concernant le transport par mer des matières dangereuses :

MM.

AUDOIN (Em.), secrétaire du Comité des assurances maritimes de Paris;
BORDES (Ad.), armateur;
BRALLY, directeur de la Compagnie des Chargeurs réunis;
ESTIER (H.), armateur;
GIRAUD, administrateur adjoint de la Société générale des Transports maritimes;
LEBON (A.), président du Comité central des armateurs;
ROUX (Ch.), président du Conseil d'administration de la Société des ateliers et chantiers de Provence.

Vu :

Le Président,
A. HALLER.

Paris, le 17 avril 1911,

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Digitized by Google

NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES.

CHALON. — Les explosifs modernes, 1911, 1-8, 787 pag., 217 fig. Paris, chez Béranger. Rel. 25fr.

Ce volumineux Ouvrage, dont l'importance se justifie par le succès qu'il a obtenu, puisqu'il en est à sa troisième édition, embrasse tout ce qui a trait aux explosifs modernes, depuis les matières premières qui servent à les fabriquer, jusqu'aux modes d'emploi en passant par les procédés de fabrication. Il se divise en six Parties comprenant elles-mêmes de nombreux Chapitres et paragraphes.

Dans la première Partie se trouvent énumérées et étudiées les substances détonantes et matières premières employées dans l'industrie des explosifs : matières premières inorganiques et organiques, chlorates, perchlorates, composés nitrés, nitrobenzines, nitrotoluols, nitronaphtalines, nitrocrésols, acide picrique et picrates, mélinite, cellulose et nitrocellulose, glycérine et nitroglycérine.

La description et la fabrication des poudres et explosifs font l'objet de la deuxième Partie : poudres de tir, poudres noires et poudres sans fumée, poudres de mine, description des principaux explosifs à base de nitroglycérine et leur fabrication, dynamite, explosifs de sûreté, cartouches électriques et autres, enfin explosifs et mélanges tonnants.

Vient ensuite la pyrotechnie : artifices, poudres lumineuses et pyrophoriques, mèches de mine, détonateurs, cordeaux détonants.

Puis le mode d'emploi et l'utilisation des explosifs : théorie, essais et puissance des explosifs, mode d'emploi des poudres et des explosifs, utilisation des explosifs dans les industries extractives, tirage des mines par l'électricité, effets des explosions à distance et explosions sympathiques, influence des explosifs sur la santé

Digitized by Google

des mineurs et des ouvriers d'usines, dépôts de poudres et d'explosifs, dynamitières, réglementation française.

La cinquième Partie a trait aux travaux de mine et applications diverses : effets produits par les explosions sous-marines, applications des explosifs aux travaux sous-marins, emplois des grands explosifs pour les usages militaires, application des explosifs à divers usages et à l'agriculture.

L'Ouvrage se termine par la législation des explosifs en France et en Angleterre.

Digitized by Google

COMMUNICATIONS DIVERSES.

Sous la rubrique *Communications diverses*, le *Mémorial* publiera :

Chapitre I. — Des questions ou critiques ayant pour objet soit de provoquer des éclaircissements ou explications de la part des auteurs d'articles déjà parus, soit de susciter de fructueux échanges d'idées entre les lecteurs sur toute question nouvelle.

Chapitre II. — Les réponses faites aux questions posées ou aux critiques adressées aux auteurs.

Toute Communication à insérer dans cette partie du *Mémorial* devra parvenir au Président du Comité de direction signée de son auteur, comme d'ailleurs tout Mémoire adressé au *Mémorial*.

Cependant, afin de laisser la plus grande liberté possible pour la polémique, le Comité de direction publiera la Communication soit sans signature, soit sous la signature vraie ou sous un pseudonyme, au gré de l'auteur.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉTUDE

DES AMÉLIORATIONS HYGIÉNIQUES

A APPORTER DANS

L'INDUSTRIE DES POUDRES ET EXPLOSIFS

RAPPORT

PRÉSENTÉ

Par M. le Dr COURTOIS-SUFFIT,

Médecin des Hôpitaux de Paris,
Médecin en Chef des Manufactures de l'État.

AU NOM D'UNE COMMISSION COMPOSÉE DE :

MM. Roux, directeur de l'Institut Pasteur, président;

Courtois-Suffit, médecin des hôpitaux et médecin en chef des manufactures de l'État, membre avec voix délibérative;

Laveran, de l'Institut Pasteur, membre de l'Institut, membre avec voix délibérative;

Schweitzer, contrôleur général de l'Armée, membre avec voix délibérative;

Lemoine, médecin-inspecteur, directeur du Service de Santé du 1er Corps d'Armée, membre avec voix consultative;

Hagron, inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre avec voix consultative;

Lheure, ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, membre avec voix consultative;

Fontaine (Arthur), directeur de la Direction du Travail au Ministère du Travail, représentant le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale.

Digitized by Google

Par décision du 25 février 1907, M. le Sous-Secrétaire d'État à la Guerre a constitué une Commission pour l'étude des améliorations à apporter dans l'industrie des poudres et explosifs au point de vue spécial de l'hygiène des travailleurs.

La Commission, après quelques réunions préliminaires, a jugé qu'il était tout d'abord indispensable de visiter une poudrerie, afin de prendre une connaissance exacte de la technique de la fabrication des poudres et explosifs. Il s'agit là, en effet, d'une industrie toute spéciale, très fermée, qui ne peut divulguer ses procédés ni laisser visiter couramment ses installations. La Commission a visité, à cet effet, la Poudrerie de Sevran-Livry.

A la suite de cette première visite, la Commission a pu aborder le problème posé par le Sous-Secrétaire d'État, à savoir la recherche des améliorations hygiéniques à réaliser dans l'industrie des poudres et explosifs.

Une Sous-Commission (1) a reçu alors la mission de visiter les poudreries les plus importantes, afin de constater sur place les conditions hygiéniques dans lesquelles s'effectuaient les principales fabrications de poudres. Ces visites ont été effectuées au cours des années 1910 et 1911.

Ayant été, à la suite de ces visites, chargé du compte rendu des travaux de la Commission, je me suis efforcé, au cours des différents Chapitres du rapport qui va suivre, d'exposer successivement les faits suivants :

1° *Généralités sur la fabrication des poudres.* — Grâce aux nombreuses indications techniques que M. Lheure, ingénieur en chef des Poudres, a bien voulu si libéralement me fournir, j'ai réuni dans ce Chapitre les caractéristiques techniques des fabrications du Service des poudres.

2° *Constatations faites dans les poudreries.* — J'ai exposé, dans ce Chapitre, le résultat des constatations faites par la Sous-Commission, ainsi que les desiderata qui lui ont été présentés.

3° Dans un troisième Chapitre, j'ai étudié les différents phénomènes d'*intoxications susceptibles de se produire dans les poudreries*. En réunissant les documents parus jusqu'à ce jour, en y

(1) Composée de MM. Courtois-Suffit, Lemoine et Lheure.

Digitized by Google

joignant le résultat de recherches et expériences personnelles, j'ai pu reprendre complètement et mettre au point cette question sur laquelle aucun travail d'ensemble n'avait encore été publié.

4° Enfin, dans un dernier Chapitre consacré à l'hygiène et à la thérapeutique, j'ai montré, d'une part, les améliorations qui seraient à réaliser, tant au point de vue de l'hygiène industrielle (modifications des locaux et des appareils), qu'au point de vue de l'hygiène individuelle; j'ai indiqué, d'autre part, les moyens thérapeutiques proprement dits à mettre en œuvre, en cas d'intoxication déclarée.

CHAPITRE I.

GÉNÉRALITÉS SUR LA FABRICATION DES POUDRES ET EXPLOSIFS.

Les principales fabrications effectuées dans les poudreries peuvent se grouper en cinq catégories :

1° Poudres noires;
2° Coton-poudre;
3° Poudres B;
4° Mélinites;
5° Poudres diverses (poudres de chasse pyroxylées, poudres de mine Favier ou type N, poudres de mine chloratées ou type O).

I. — Poudres noires.

Les poudreries chargées de la fabrication des poudres noires sont :

Sevran-Livry (Seine-et-Oise);
Esquerdes (Pas-de-Calais);
Vonges (Côte-d'Or);
Saint-Chamas (Bouches-du-Rhône);
Toulouse (Haute-Garonne);
Angoulême (Charente);
Le Ripault (Indre-et-Loire).

Digitized by Google

Les opérations de fabrication peuvent se classer de la façon suivante :

Carbonisation du bois pour la préparation du charbon ;

Trituration des éléments composants : salpêtre, soufre et charbon ;

Mélange de ces éléments pour former la matière de poudre ;

Agglomération en galettes de cette matière ;

Concassage de la galette pour former des grains ;

Lissage, séchage, tamisage, mélange et encaissage des grains.

La *carbonisation* du bois se fait dans des cylindres fixes ou mobiles chauffés dans des fours et munis de tuyauteries pour le dégagement des produits de distillation.

La *trituration* se fait dans des tonnes en fer, dites *tonnes binaires*, au moyen de gobilles en bronze mélangées à la masse et qui, dans le mouvement de rotation, retombent sur les matières à pulvériser.

D'ordinaire, on triture simultanément deux éléments : salpêtre et charbon, d'une part; soufre et charbon, d'autre part. Les tonnes binaires sont enfermées dans une cage pour éviter le répandage des poussières.

Le *mélange* des trois éléments destinés à constituer la matière de poudre s'effectue, soit dans des tonnes en bois dites *tonnes ternaires*, soit sous des meules lourdes. Dans le premier cas, les matières sont à l'état sec; dans le deuxième cas, elles sont humectées. Les tonnes ternaires sont enfermées dans une cage, tandis que les meules sont placées à l'air libre.

L'*agglomération* se fait, soit au moyen de meules dont on ralentit suffisamment la vitesse, soit au moyen de presses hydrauliques. S'il s'agit de poudres en grains ronds, on fait l'agglomération dans une tonne en y introduisant des petits grains et versant peu à peu de la poussière de poudre qui se colle aux grains pendant la rotation, sous l'action d'une pulvérisation d'eau. Ces différents appareils ne sont pas enfermés dans des cages.

Le *concassage* des galettes, formées sous les meules ou à la presse hydraulique, se fait soit par broyage entre cylindres en bois (grenoir à cylindres), soit par broyage dans une tonne à parois grillagées (tonne-grenoir), soit par broyage dans un tamis contenant un tourteau en bois (grenoir à retour), soit enfin par

Digitized by Google

un véritable découpage au moyen de couteaux massifs en bronze mus mécaniquement (machines à couteaux). La matière des grenoirs est tamisée mécaniquement au moyen de tamis enfermés dans des cages et faisant ordinairement partie de l'appareil de grenage.

Le *lissage* se fait dans de grandes tonnes en bois contenant plusieurs centaines de kilogrammes de grains. Dans le mouvement, les grains exercent les uns sur les autres un frottement continuel qui les durcit et les polit à la surface, en même temps que les matières friables sont démolies et ramenées à l'état de poussier.

Le *séchage* n'est effectué que sur certaines poudres ; il se fait, soit dans une étuve chauffée, soit sur une table placée au soleil.

Pour le *tamisage* des matières sèches, on emploie des tamis mus à bras et soutenus par des cordes. Le mélange est effectué dans des trémies en bois, et l'*encaissage* se fait, soit en sacs et barils, soit en caisses et chapes, soit enfin en boîtes et caisses.

II. — Coton-poudre.

Les poudreries chargées de la fabrication du coton-poudre sont : Angoulême (Charente) et le Moulin-Blanc (Finistère).

Le principe de la fabrication du coton-poudre est le suivant :

On immerge du coton sec dans un mélange, en proportions convenables, d'acide nitrique et d'acide sulfurique concentrés. On expulse l'excès d'acide par essorage et l'on se débarrasse ensuite des dernières portions d'acide par une série de lavages dans l'eau froide, puis dans l'eau bouillante. Le coton-poudre est pulpé, épuré, comprimé en pains et emballé à l'état humide.

Les opérations de fabrication peuvent se diviser en plusieurs groupes :

1° Fabrication de l'acide nitrique et préparation des mélanges acides ;

2° Triage, cardage et séchage du coton ;

3° Opérations de nitration proprement dite, y compris essorage de l'excès d'acide ;

4° Opérations de purification du coton-poudre jusqu'à l'emballage.

Digitized by Google

1° *Acide nitrique.* — La fabrication de l'acide nitrique concentré se fait en attaquant à chaud le nitrate de soude par l'acide sulfurique ou par un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique et en condensant les vapeurs d'acide nitrique qui se dégagent.

On a installé tout récemment, pour cette fabrication, des appareils Valentiner, caractérisés par ce fait que la réaction a lieu dans le vide et que l'on condense complètement tous les produits de distillation, y compris les vapeurs nitreuses.

L'acide sulfurique, et aussi l'oléum qu'on emploie de plus en plus, sont achetés à l'industrie. Les mouvements d'acide se font presque uniquement par tuyauteries. Les mélanges se font par jaugeages, et tous les vases, en fonte ou en grès, qui servent de récipients, sont fermés et reliés à une conduite de ventilation qui entraîne au dehors les vapeurs acides au fur et à mesure de leur dégagement. Toutefois, les opérations de vidange des acides logés en fûts ou en touries ne sont pas complètement évitées.

2° *Coton.* — Le coton est livré en balles comprimées. Lorsqu'il est livré sous forme de déchets de filature, il est tout d'abord soumis à un triage minutieux, puis cardé et séché. Lorsqu'il est livré sous forme de cotons neufs (linters), il n'est pas trié, mais seulement cardé et séché.

Pour le triage, les déchets de coton sont répartis sur des tables grillagées; un ventilateur aspire l'air et entraîne au dehors la plus grande partie des poussières contenues dans la masse.

La carde, qui produit une grande quantité de poussière de coton, est également reliée à un ventilateur qui entraîne ces poussières, partie dans une chambre de dépôt, partie au dehors.

Quant au séchage, il s'effectue dans des appareils variés suivant les établissements (petits cylindres sécheurs, au Moulin-Blanc; séchoir Pétrie à entraînement automatique du coton, à Angoulême). Ces différents appareils sont fermés.

3° *Nitration.* — Actuellement, deux procédés sont employés simultanément dans les poudreries pour la nitration du coton : le procédé en auges et pots, très ancien; et le procédé en turbines, tout récent.

Dans le procédé en auges, les charges unitaires de coton sont d'environ 800^{k}. Ce coton, pesé à l'avance, est plongé dans des

Digitized by Google

auges remplies d'un mélange acide convenable ; on le retire après quelques minutes d'immersion ; on le comprime à l'aide d'un levier sur une grille en fonte pour le débarrasser de l'excès d'acide, et on l'introduit ensuite dans un pot de grés, dit *pot à réaction,* qu'on munit d'un couvercle.

La réaction de nitration s'achève dans ces pots où le coton-poudre séjourne pendant un nombre d'heures plus ou moins considérable suivant les cas. Tous les pots à réaction sont rangés côte à côte dans des fosses peu profondes où circule un courant d'eau.

Quand la réaction est achevée, les pots sont amenés sur chariot près de turbines essoreuses et leur contenu est versé dans ces turbines.

On procède alors à un essorage qui élimine une certaine quantité des acides résiduels : c'est l'opération du turbinage acide.

Le coton-poudre essoré est déchargé et immergé immédiatement dans de grands bassins pleins d'eau froide constamment renouvelée. L'acide qui imprégnait les fibres de coton-poudre se diffuse dans l'eau et se trouve partiellement éliminé. Après quoi, le coton est turbiné avant d'être soumis au lavage à l'eau chaude.

Dans le but d'améliorer l'hygiène des ateliers de nitration, on a eu recours tout récemment à un nouveau procédé de nitration, dit *procédé de trempage en turbines.* On opère sur des charges unitaires de coton dix fois plus fortes que précédemment, et les opérations d'immersion, compression, réaction en pots et turbinage acide sont remplacées par des opérations effectuées successivement dans un même appareil sans déchargement de la matière. Cet appareil est une turbine essoreuse qui peut, à volonté, être animée de deux vitesses de rotation très différentes. On introduit dans cette turbine le mélange acide à une température convenable, voisine de 30° ordinairement. On fait tourner à faible vitesse en immergeant peu à peu la charge de coton, puis on rabat le couvercle de l'appareil et on laisse tourner à une faible vitesse pendant 30 minutes, temps nécessaire pour achever la nitration. La rotation a pour effet de maintenir l'homogénéité du mélange acide. Quand la nitration est achevée, on a recours à la forte vitesse pour essorer la matière en éliminant l'excès d'acide.

Il faut ensuite, comme dans le procédé en auges, décharger le

Digitized by Google

coton turbiné et l'immerger dans l'eau froide. Le déchargement se fait de la façon ordinaire, mais le transport du coton-poudre jusqu'au bain d'immersion est effectué par un appareil en grès dit *transporteur hydraulique*. Cet appareil consiste en une sorte d'armoire dans laquelle on introduit le coton, qui est immédiatement noyé et entraîné par un violent courant d'eau.

Le lavage à eau froide et l'essorage consécutif se font comme précédemment.

Enfin, il convient de signaler qu'on essaie à Angoulême un autre procédé de trempage, dit *procédé Thomson*, caractérisé par ce fait, qu'après avoir effectué la nitration dans un mélange acide, on déplace l'acide par de l'eau au lieu d'avoir recours à des turbinages mécaniques.

4° *Purification du coton-poudre.* — Après le lavage à eau froide, le coton-poudre est soumis à de nombreux lavages à l'eau bouillante dans de grandes cuves en bois, contenant environ 1000^{kg} de coton-poudre. Ces cuves sont aussi hermétiquement fermées que possible.

Dans l'atelier de lavage à eau chaude, il n'y a plus de dégagements appréciables de vapeurs acides, mais seulement des dégagement de vapeur d'eau.

Après lavage à l'eau chaude, le coton-poudre est pulpé dans des piles à déchiqueter, analogues à celles qu'on emploie en papeterie. On le fait ensuite passer entre les lames d'un épurateur qui arrête les matières étrangères. On l'essore dans des turbines, de manière à ne lui laisser que 30 pour 100 d'humidité environ ; on le comprime en pains et on emballe ces pains dans des caisses en bois.

III. — Poudres B.

Les poudreries fabriquant les poudres B sont :

Sevran-Livry (Seine-et-Oise) ;
Pont-de-Buis (Finistère) ;
Le Ripault (Indre-et-Loire) ;
Saint-Médard (Gironde) ;
Toulouse (Haute-Garonne).

Digitized by Google

A ces poudreries, qui dépendent du service des poudres, on doit ajouter la Poudrerie du Bouchet (Seine-et-Oise), qui appartient à l'Artillerie.

Le principe de la fabrication des poudres B est le suivant :

On dessèche le coton-poudre et on le soumet ensuite à l'action d'un mélange d'alcool à 95° et d'éther sulfurique à 65°, qui le dissout partiellement et le transforme en une sorte de pâte facile à agglomérer sous une faible pression.

Cette pâte est chargée dans des presses munies d'ajutages de forme appropriée ; elle est filée à la façon du macaroni et sort en lanières molles qui durcissent rapidement à l'air par évaporation de l'éther.

On obtient ainsi une matière colloïdale, qu'on découpe en bandes de dimensions convenables et qu'on soumet à toute une série de traitements, pour enlever la presque totalité du dissolvant alcool-éther.

La pâte primitive renfermait environ 150 pour 100 de ce dissolvant. La poudre finie n'en renferme plus que quelques unités pour cent.

Les opérations de la fabrication peuvent se grouper de la façon suivante :

1° Opérations portant sur le coton-poudre, sans intervention du dissolvant ;

2° Formation de la pâte, filage, découpage, essorage et séchage de la poudre ;

3° Traitements consécutifs au séchage.

1° *Préparation du coton-poudre.* — Le coton, à l'état humide, est déballé, tamisé et pesé.

Autrefois, on le séchait à l'étuve. Depuis un certain nombre d'années, on le déshydrate en l'arrosant d'alcool dans des turbines essoreuses. L'alcool chasse l'eau et se substitue à elle. Le coton-poudre imbibé d'alcool n'est pas dangereux et la présence d'alcool n'est pas une gêne ; l'alcool se trouvant introduit à l'avance dans le coton-poudre, il n'y a plus à ajouter un mélange d'alcool et d'éther pour former la pâte ; il suffit d'ajouter de l'éther à 65° avec, au besoin, un petit complément d'alcool.

Digitized by Google

Tous les mouvements d'alcool dans l'opération de déshydratation se font par tuyauteries ; les essoreuses sont fermées et l'arrosage se fait par un tuyau pénétrant dans l'essoreuse par un joint étanche.

2° *Formation de la pâte et opérations de fabrication jusqu'au séchage inclus.* — L'incorporation d'éther dans le coton-poudre imprégné d'alcool se fait dans des pétrins ou malaxeurs analogues à ceux qui servent à la préparation de la pâte du pain. On charge le coton-poudre et l'on fait ensuite arriver l'éther dans l'appareil. Une palette se déplace et agite constamment la masse pour en assurer le mélange. Le mélange dure environ 2 heures ; après quoi, on ouvre une porte fermant un des fonds de l'appareil et l'on décharge la pâte au moyen de pelles en bois.

Dans la plupart des poudreries, l'arrivée d'éther se fait par tuyauteries et la quantité à introduire est jaugée en volumes. Mais, à Sevran, et aussi au Bouchet, l'éther est versé dans un récipient ouvert, pesé dans l'atelier même, puis introduit dans les pétrins.

La pâte est chargée dans des étouffoirs à fermeture hermétique, conservés dans des dépôts.

Le filage ou étirage se fait au moyen de presses mécaniques ou hydrauliques. On charge la pâte dans les cylindres de la presse, en la pilonnant au fur et à mesure de son introduction, et l'on exerce la pression voulue pour faire sortir la pâte par l'ajutage. Le ruban ou bande de poudre sort librement à l'air ; l'éther s'évapore et la matière durcit et se contracte.

Quand le ruban est mince, il suffit d'une dizaine de minutes d'exposition à l'air pour le rendre dur et résistant ; on l'emporte alors pour le découper à la dimension voulue au moyen d'appareils qui entraînent le ruban, le coupent en lanières et cisaillent ces lanières à la longueur désirée.

Quand les rubans sont épais, il faut les laisser s'essorer un nombre d'heures plus ou moins considérable avant de procéder au découpage.

Il y a quelques années, la Poudrerie du Ripault a réussi à essorer les poudres minces en récipient fermé, dans lequel on fait circuler une même masse d'air qui se charge de vapeurs d'éther-alcool que l'on condense par réfrigération. Les résultats sont satis-

Digitized by Google

faisants et l'on arrive à recueillir de cette façon une partie notable du dissolvant. C'est le système dit *de la récupération.*

La Poudrerie de Saint-Médard a mis le système au point pour les poudres épaisses et possède actuellement des installations de récupération pour la plus grande partie de sa production. Des installations analogues sont à l'étude ou en cours de réalisation dans les autres poudreries.

Après découpage, les poudres subissent des triages et un supplément d'essorage à l'air, pendant lequel les vapeurs de dissolvant se dégagent encore, mais plus lentement.

Après ces opérations, les poudres sont séchées dans des étuves chauffées par l'eau ou par l'air chaud. Les étuves sont refroidies avant toute opération de chargement et de déchargement.

3° *Opérations consécutives au séchage.* — Après séchage, les poudres minces sont mélangées, puis encaissées.

Les poudres à fusil sont tamisées et souvent lissées avec addition d'alcool chargé de produits spéciaux.

Les poudres épaisses sont soumises à des séries d'immersions dans l'eau chaude, suivies de séchages, en vue de l'élimination du dissolvant résiduel.

Dans le but de stabiliser la poudre, au lieu d'employer comme dissolvant l'alcool-éther pur, on a employé de l'alcool-éther additionné d'alcool amylique; actuellement, on emploie exclusivement de l'alcool-éther additionné de diphénylamine.

IV. — Mélinite, crésylite et explosifs nitrés analogues.

Les poudreries qui fabriquent des explosifs nitrés sont :

Esquerdes (Pas-de-Calais);
Vonges (Côte-d'Or;
Saint-Chamas (Bouches-du-Rhône) et aussi Le Bouchet (Seine-et-Oise).

Le principe de la fabrication est le suivant : on traite le phénol ou le crésol par l'acide sulfurique qui forme un dérivé sulfoné. Ce dérivé, traité par l'acide nitrique, se transforme en dérivé trinitré, qui n'est autre que la mélinite (ou la crésylite). On purifie le

Digitized by Google

produit par lavages à l'eau et on l'essore. Puis on le sèche, on le mélange, on le tamise et on l'emballe.

Pour certains produits, on fond l'explosif après lavage à l'eau. Il faut alors le broyer avant de le sécher et de le tamiser.

On peut distinguer dans ces opérations :

1° La nitration proprement dite ;

2° Les opérations effectuées sur le produit nitré.

1° *Nitration.* — La première phase de l'opération, à savoir la préparation du dérivé sulfoné, dit *sulfo*, par mélange à chaud d'acide sulfurique et de phénol, ne présente aucune particularité notable.

La nitration proprement dite se fait dans des terrines mobiles en grès, de 250 à 300 litres, munies, à la partie supérieure, d'une large rigole pouvant former joint hydraulique.

On introduit à l'avance l'acide nitrique dans cette terrine, puis on place à la partie supérieure un dôme en grès reposant dans la rigole et l'on relie l'appareil à une batterie d'appareils de condensation. On verse le sulfo peu à peu par un entonnoir hydraulique, et la nitration s'effectue en dégageant des vapeurs nitreuses qui sont retenues par les appareils de condensation.

Après nitrification, les terrines sont débarrassées de leur dôme et on les emmène à quelque distance pour noyer dans l'eau leur contenu. L'explosif, mélinite ou crésylite, se précipite à l'état de petits cristaux. Ces cristaux sont lavés soigneusement à l'eau, puis essorés dans des turbines.

2° *Traitement des produits après nitration.* — Après essorage, la mélinite est séchée à l'étuve dans des casiers à fond de verre, puis déchargée dans des barils.

La matière est ensuite tamisée mécaniquement dans des appareils entourés d'une enveloppe destinée à empêcher les dégagements de poussières.

Enfin, le pesage et l'emballage des matières sèches sont effectués sans dispositifs spéciaux.

Dans la fabrication de la crésylite, le séchage est précédé d'une fusion de la matière qui est ensuite coulée en plaques, puis du broyage de ces plaques qui sont très dures. Le broyeur, constitué

Digitized by Google

par deux cylindres en granit, est, en principe, enfermé dans une cage, ainsi d'ailleurs que le tamis qui y est adjoint.

La *tolite* est fabriquée d'après le même principe que la mélinite, mais en partant du toluène au lieu du phénol.

V. — Poudres diverses.

A. *Poudre de chasse pyroxylée, type J.* — La fabrication des poudres de chasse bichromatées du type J se fait à la Poudrerie de Sevran (Seine-et-Oise).

Cette fabrication est analogue à celle des poudres B, avec cette différence qu'on introduit 17 pour 100 de bichromates (d'ammoniaque et de potasse) dans la pâte de coton-poudre.

Les bichromates sont broyés très finement dans des triturateurs complètement clos.

La pâte de poudre contenant les bichromates est traitée de la façon ordinaire et dégage, au cours des traitements, des vapeurs d'alcool et d'éther.

Les bandes de poudre sont plongées fréquemment dans l'eau pour des raisons de sécurité, et les ouvriers qui les manipulent ont des gants en caoutchouc.

Les grains sont séchés à l'air froid, tamisés, lissés et emballés. Ces opérations se font en appareils fermés munis de dispositifs de ventilation (1).

B. *Poudre de chasse pyroxylée, type M.* — Cette fabrication se fait à la Poudrerie du Pont-de-Buis (Finistère).

La poudre M est constituée par un mélange de coton-poudre, de nitrate de baryte, salpêtre, camphre et gélose. Elle est colorée en jaune par de l'auramine.

Le coton-poudre est déshydraté à l'alcool comme dans la fabrication des poudres B; puis les composants sont malaxés ensemble avec addition d'éther. La masse est ensuite triturée sous des meules légères, passée à travers un tamis qui la divise en grains, lissée dans de petites tonnes en bois et soumise au séchage.

Les grains secs, débarrassés de leur poussière par tamisage, sont

(1) Ces dispositifs de ventilation ont été installés tout récemment.

Digitized by Google

lissés dans des tonnes de grande dimension avec pulvérisation d'éther collodionné et camphré, qui vient former une pellicule dure à la surface des grains et leur donne la solidité voulue.

La matière est alors séchée, tamisée et emballée.

C. *Poudre de chasse pyroxylée* (*type S*). — Cette poudre se fabrique, comme la précédente, à la poudrerie du Pont-de-Buis (Finistère).

Elle est formée de coton-poudre, nitrate de baryte et salpêtre.

Les matières sont mélangées sous les meules légères, séchées, puis malaxées avec de l'éther à la façon des poudres B.

La pâte, très peu consistante, se divise en grains par simple passage à travers un tamis et le grain est séché, tamisé, puis, s'il y a lieu, lissé à l'éther et soumis à un nouveau séchage avant tamisage final et emballage.

D. *Poudre de chasse pyroxylée* (*type T*). — Cette poudre est formée exclusivement de coton-poudre et sa fabrication est analogue à celle des poudres à fusil. Elle ne s'en différencie que sur deux points principaux : 1° Au lieu de former la pâte en employant comme dissolvant de l'éther ordinaire, on la forme au moyen d'éther acétique et d'acétone. 2° Au lieu de découper les bandes de poudre après simple étirage à la presse, on lamine ces bandes de manière à obtenir la minceur voulue qui est de l'ordre de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

E. *Poudre EF pour tir à blanc*. — Cette poudre est formée de coton-poudre et de gélose. Elle est fabriquée comme la poudre M.

F. *Explosifs chloratés* (*type O*). — Les explosifs au chlorate de potasse (type O ou cheddites) sont fabriqués à la poudrerie de Vonges (Côte-d'Or).

La fabrication consiste à incorporer du chlorate finement pulvérisé et sec dans une dissolution à chaud d'hydrocarbures nitrés dans l'huile de ricin.

La fabrication des hydrocarbures nitrés (mononitronaphtaline, dinitrotoluène) ressemble à celle des mélinite et crésylite, mais ne comporte pas de pulvérisation ni de tamisage des matières.

Digitized by Google

Elle évite, par suite, la cause d'insalubrité due aux dégagements des poussières.

Le chlorate est broyé dans un appareil mécanique qui le sèche et le tamise. L'atelier correspondant n'est pas ventilé.

La fusion des hydrocarbures nitrés et leur dissolution dans l'huile peuvent donner lieu à des dégagements de vapeurs.

Quant aux opérations de fabrication proprement dites, à savoir l'incorporation du chlorate dans la masse fondue, la granulation, le tamisage et l'emballage de l'explosif, elles ne dégagent plus de poussières en quantité appréciable, les particules de chlorate étant recouvertes d'un enduit gras qui les enrobe complètement.

G. *Explosifs au nitrate d'ammoniaque* (*type N*). — La fabrication de ces explosifs est faite à la poudrerie d'Esquerdes (Pas-de-Calais).

Le principe consiste à mélanger sous les meules lourdes des naphtalines nitrées avec du nitrate d'ammoniaque.

Les opérations de nitration de la naphtaline sont comparables à celles de la fabrication de la mélinite. Le mélange sous les meules lourdes dégage des poussières. Il en est de même des opérations de tamisage et encaissage des explosifs à l'état sec. Ces opérations sont faites maintenant dans des appareils à peu près complètement clos.

CHAPITRE II.

CONSTATATIONS FAITES PAR LA COMMISSION AU COURS DE SES VISITES DANS LES POUDRERIES.

La Commission plénière a visité la poudrerie de Sevran-Livry ; la délégation spéciale a visité les poudreries de Moulin-Blanc, Saint-Chamas, Angoulême, Saint-Médard, Esquerdes, Le Bouchet et Vonges.

Dispositions générales des établissements. — Les poudreries

Digitized by Google

présentent un aspect très particulier, bien différent de celui des autres établissements industriels : Au lieu d'être groupés, les ateliers sont disséminés sur de vastes étendues et cachés en quelque sorte au milieu des bois; de plus, chaque atelier ne compte qu'un nombre restreint d'ouvriers.

Ces dispositions, qui ont été adoptées en vue de limiter les effets d'explosions toujours à craindre avec les poudres, ont, au point de vue de l'hygiène, des conséquences favorables : elles mettent les ateliers des poudreries à l'abri d'une cause d'insalubrité fréquente dans les agglomérations ouvrières, à savoir la contamination de l'air par les produits de la respiration, faute d'espace et d'aération.

Les seules causes possibles d'insalubrité sont celles qui résultent du dégagement de poussières et de vapeurs par le fait des opérations mêmes de la fabrication. La Délégation a examiné à ce point de vue les différentes fabrications.

Nous nous bornerons à signaler les constatations de quelque importance.

I. — Poudres noires.

Parmi les ateliers affectés aux préparations et manipulations de matières premières, il n'y a guère à signaler que les ateliers dits *de carbonisation*, où l'on prépare le charbon par distillation du bois.

Ces ateliers donnent lieu à d'abondants dégagements de vapeurs pendant la distillation proprement dite et surtout pendant le refroidissement des cylindres de carbonisation. Il n'y a pas de dispositifs spéciaux pour l'enlèvement de ces vapeurs. L'aération se fait par de simples lanterneaux.

Le criblage du charbon dans les mêmes ateliers produit des dégagements appréciables de poussières de charbon.

Au cours de la fabrication des poudres noires, la Commission a remarqué plus particulièrement les ateliers de tamisage des binaires comme dégageant d'abondantes poussières.

Les autres ateliers produisent également des poussières, mais en plus faible quantité.

Il n'existe de dispositifs de ventilation artificielle dans aucun des ateliers affectés à la fabrication de la poudre noire.

Digitized by Google

II. — Coton-poudre.

La Délégation a classé en quatre catégories distinctes les ateliers qu'elle a visités.

1° Ateliers de préparation des matières premières;

2° Ateliers de nitration des cotons (transformation des cotons en cotons-poudre);

3° Ateliers de lavage des cotons nitrés;

4° Ateliers d'opérations mécaniques.

Nous résumerons successivement les constatations faites dans ces différents ateliers.

1° *Ateliers de préparation des matières premières.* — *a.* **Cotons.** — Les ateliers de triage sont, à Angoulême comme au Moulin-Blanc, vastes, clairs et aérés.

Les ouvrières sont suffisamment soustraites aux poussières de coton par les dispositifs de ventilation, et l'effet nocif du courant d'air, dans lequel elles se trouvent placées du fait de ces ventilations, est atténué par le chauffage de l'air.

Dans les ateliers de cardage, les cardes sont ventilées et ne dégagent que peu de poussières de coton. L'ouvreuse *Schilde*, sorte de carde simplifiée, était ventilée à Angoulême, mais ne l'était pas au Moulin-Blanc et, dans ce dernier établissement, il s'y produisait d'abondantes poussières.

Au Moulin-Blanc, les opérations de séchage sont faites dans de petits cylindres sécheurs et ne donnent pas lieu à production de vapeurs ni de poussières méritant d'être signalée, mais à Angoulême, où le séchage est fait au séchoir Pétrie, le déchargement de cet appareil produit d'abondantes poussières de coton, qu'aucune ventilation ne vient combattre.

b. **Acides.** — Les acides employés sont l'acide sulfurique, les oléums (sortes d'acides sulfuriques débarrassés d'une partie de leur eau de constitution) et l'acide nitrique.

L'acide sulfurique arrive dans les établissements d'Angoulême et du Moulin-Blanc en wagons-citernes et est conduit par des tuyauteries fermées dans des réservoirs également fermés où on

Digitized by Google

l'emmagasine. Il n'y a pas de dégagement de vapeurs acides dans l'air.

L'oléum est à 20 pour 100 ou à 70 pour 100 d'anhydride sulfurique.

Au Moulin-Blanc, l'oléum employé est à 20 pour 100 d'anhydride ; il est transporté, manipulé et emmagasiné dans les mêmes conditions que l'acide sulfurique et ne donne lieu à aucune observation au point de vue de l'hygiène.

A Angoulême, l'oléum employé est à 70 pour 100 d'anhydride ; il est transporté et emmagasiné dans des fûts métalliques. Pour le mettre en œuvre, il faut le transvaser et, comme il est à l'état solide ou tout au moins pâteux aux températures ordinaires, il faut au préalable le faire séjourner dans un local chauffé pour l'amener à l'état liquide. Au moment du transvasement, l'oléum ainsi réchauffé dégage des fumées blanches extrêmement pénibles; l'atelier de réchauffage n'est d'ailleurs pas ventilé et, quand les fûts présentent quelques fuites, les fumées acides vicient rapidement l'atmosphère.

L'acide nitrique est fabriqué dans les poudreries. On l'obtient en faisant réagir à chaud de l'acide sulfurique sur du nitrate de soude et en condensant les vapeurs d'acide nitrique qui se dégagent.

La Délégation a examiné avec une attention toute particulière les ateliers de fabrication de l'acide nitrique, tant à Angoulême qu'au Moulin-Blanc, ces ateliers ayant été signalés *autrefois* comme extrêmement insalubres par les rapports médicaux. Elle a constaté que les ateliers actuels, tout récemment installés, étaient vastes, clairs, d'aspect satisfaisant et ne laissaient absolument rien à désirer au point de vue de l'hygiène. Les appareils qui y sont installés sont du système Valentiner, caractérisé par la production et le maintien d'un vide partiel dans les cornues de réaction et les batteries de condensation pendant toute la durée des opérations.

Ce procédé de fabrication est des plus heureux au point de vue de l'hygiène; il empêche automatiquement l'expansion des vapeurs dans l'atelier, puisque de petites fuites dans les tuyauteries provoquent, non plus une sortie de vapeurs acides comme autrefois, mais des rentrées d'air dans l'appareil.

Au Moulin-Blanc, le bisulfate de soude, résidu de la fabrication

Digitized by Google

de l'acide sulfurique, est envoyé directement dans la rade de Brest par des caniveaux fermés pendant qu'il est encore à l'état fondu. A Angoulême, le bisulfate est reçu dans des wagonnets spéciaux placés en dehors de l'atelier et dans lesquels on le laisse se solidifier avant de l'expédier. Dans les deux établissements on a réussi à éviter la contamination des ateliers par les vapeurs acides que dégage le bisulfate de soude lorsqu'il est chaud.

2° *Ateliers de nitration.* — Pour la nitration du coton on emploie concurremment, à Angoulême et au Moulin-Blanc, le *procédé des auges* et le *procédé des turbines Selwig.*

Dans les deux procédés, les appareils de fabrication sont ventilés, mais les opérations d'immersion du coton dans les acides et les différents transvasements du coton-poudre se font à main d'homme, à l'air libre, et dégagent des vapeurs nocives. Toutefois, le procédé des turbines Selwig présente, au point de vue hygiénique, une supériorité incontestable sur l'autre procédé, car il permet d'effectuer une série d'opérations dans un même appareil et d'éviter ainsi des transvasements de coton-poudre chargé d'acide, pendant lesquels se produisent des dégagements de vapeurs acides.

La Délégation a constaté que l'atmosphère générale des ateliers de nitration était très supportable. Dans les ateliers à turbines Selwig, on perçoit à peine une odeur acide, sauf au voisinage immédiat des appareils et lorsque ceux-ci sont ouverts pour les manipulations. Dans l'atelier des auges et des pots, l'odeur d'acide est nettement perceptible, mais non gênante. Il n'y a lieu de signaler, comme postes réellement pénibles, que ceux qui sont au voisinage immédiat, soit des auges remplies d'acide, employées au trempage du coton, soit des centrifuges qui servent à l'essorage du coton-poudre acide.

La ventilation des ateliers de nitration se fait en aspirant de notables quantités d'air dans lesquelles se trouvent diluées les vapeurs acides, et en refoulant cet air acide dans l'atmosphère à une vingtaine de mètres de hauteur. A la poudrerie du Moulin-Blanc, que la Délégation a visitée par un temps de brume extrêmement épaisse, la diffusion des vapeurs acides dans l'atmosphère se faisait très mal et, aux abords de la cheminée de ventilation, l'air

Digitized by Google

était chargé de produits acides au point de provoquer des picotements très nets des yeux et du visage.

Lors de la visite à Angoulême, au contraire, le temps n'était pas brumeux et la diffusion des vapeurs acides se faisait sans difficultés.

Au cours des visites, on a montré à la Délégation le phénomène dit de *prise en feu* du coton-poudre en provoquant artificiellement cette prise en feu dans un pot de coton-poudre acide par addition de quelques gouttes d'huile. Après une phase très courte de dégagement acide modéré, le coton-poudre a émis des torrents de vapeurs rouges, et on a pu se rendre compte qu'aucune ventilation générale d'atelier n'était capable d'enlever ces vapeurs *instantanément;* c'est là un accident de fabrication contre lequel le seul remède consiste dans l'éloignement momentané du personnel ouvrier.

A Angoulême, la Délégation a vu fonctionner un appareil d'essai de nitration par le *procédé Thomson;* elle a constaté qu'au point de vue de l'hygiène ce procédé réalisait encore un progrès sensible sur le procédé des turbines.

3° *Ateliers de lavage.* — Le lavage à l'eau froide des cotons nitrés ne donne lieu à aucune observation ; il ne se produit de dégagement acide qu'au moment même de l'immersion. Dans le procédé des turbines, cette immersion s'effectue dans les transporteurs hydrauliques, et le noyage dans la masse d'eau est presque instantané.

Quant aux lavages à eau chaude, ils ne devraient dégager aucune vapeur puisqu'ils s'effectuent dans des cuves entièrement fermées. Mais, en fait, ces cuves, de très grandes dimensions, ne sont jamais rigoureusement étanches; les ateliers de lavage à eau chaude sont fortement chargés de vapeur d'eau, et il s'y produit parfois des buées très abondantes.

Au Moulin-Blanc, le jour de la visite, l'atmosphère de l'atelier était transformée par ces buées en un brouillard opaque et chaud qui se maintenait au niveau des cuves sans tendre à s'élever et à s'échapper au dehors. Ce brouillard était particulièrement gênant dans une partie de l'atelier et les cuves n'étaient pas surélevées.

A Angoulême, les buées étaient beaucoup moins intenses *dans*

Digitized by Google

l'atelier, bien que le nombre des cuves en fonctionnement fût plus considérable qu'au Moulin-Blanc. La différence de buées s'explique par la différence des conditions atmosphériques au moment de la visite dans les deux établissements : Au Moulin-Blanc, le temps était froid et brumeux; à Angoulême le temps était beaucoup plus chaud et moins humide.

4° *Ateliers d'opérations mécaniques.* — Dans ces ateliers, les opérations portent sur du coton-poudre humide, débarrassé d'acides, et se font à froid : elles ne dégagent ni poussières ni vapeurs et l'on n'a constaté, dans ces ateliers, aucune cause d'insalubrité.

III. — Poudres B.

Les ateliers comprennent trois catégories :

1° Ateliers à coton-poudre (sans dissolvant);

2° Ateliers à pâte de poudre B et à poudres B vertes (malaxage, étirage, découpage, essorage et séchage);

3° Ateliers à poudres B sèches.

1° *Ateliers à coton-poudre.* — Ces ateliers sont satisfaisants au point de vue de l'hygiène. Comme le coton-poudre ne s'y manipule qu'imprégné d'eau ou d'alcool, il ne dégage que très peu de poussières ; quant à l'alcool employé à la déshydratation, il circule dans des tuyauteries pour arriver dans des appareils clos, et ne dégage pas, dans les ateliers, de vapeurs appréciables.

On a remarqué que l'émiettage du coton-poudre se faisait à la main, sur un tamis, à la poudrerie de Sevran, et mécaniquement, dans un appareil clos, à la poudrerie de Saint-Médard. Bien que les poussières du coton-poudre ne soient pas très abondantes, ce dernier dispositif est préférable au point de vue hygiénique.

2° *Ateliers à pâte de poudre B.* — Le premier de ces ateliers, dit *atelier de malaxage*, où l'on forme la pâte dans des pétrins ou malaxeurs, dégage une forte odeur d'éther provenant, un peu du répandage d'éther au moment du chargement, mais surtout du dégagement de vapeurs d'éther au moment du déchargement.

L'atmosphère générale de l'atelier est supportable malgré

Digitized by Google

l'odeur d'éther qui y règne, mais les opérations de déchargement apparaissent comme très pénibles : l'ouvrier est placé immédiatement au-dessus de la pâte imprégnée d'éther et doit la pilonner à bras après l'avoir chargée dans un étouffoir ; il respire des vapeurs d'éther pendant toute cette opération qui, il est vrai, ne dure que quelques minutes. A la poudrerie de Sevran, où la Commission a vu décharger des pâtes de poudre contenant de l'alcool amylique, les vapeurs de cet alcool amylique s'ajoutaient aux vapeurs d'éther et les rendaient encore plus pénibles. A Saint-Médard et au Bouchet, les pâtes renfermaient de la diphénylamine et dégageaient une odeur moins désagréable.

A Sevran et au Bouchet les transvasements d'éther se font par vidange directe, au lieu de se faire par tuyauteries comme à Saint-Médard, et ces manipulations d'éther sont une cause supplémentaire d'insalubrité.

Les ateliers d'étirage, dans lesquels la pâte de poudre est transformée par étirage en longs rubans plus ou moins épais, présentent également une atmosphère avec une odeur d'éther très sensible malgré la ventilation dont ils sont l'objet. Ces vapeurs proviennent des rubans de poudre qu'on laisse séjourner dans l'atelier jusqu'à ce qu'ils aient acquis, par suite d'évaporation de l'éther, la consistance nécessaire pour pouvoir être transportés dans les ateliers d'essorage ou les ateliers de récupération du dissolvant.

Les ateliers d'essorage, visités à Sevran et au Bouchet, et qui sont constitués soit par des cabanes, soit par des dépôts, renferment une atmosphère si fortement chargée de vapeurs d'éther qu'il est extrêmement pénible d'y pénétrer : d'ailleurs, les ouvriers n'y séjournent pas ; ils se bornent à y apporter les matières de poudre, puis à les enlever quand l'essorage est suffisant.

Les ateliers de récupération qui existent à Saint-Médard sont bien supérieurs aux ateliers de simple essorage : un chariot chargé de bandes de poudre est amené mécaniquement au-dessus d'un grand bac métallique ; une porte s'ouvre à la partie supérieure de ce bac, démasquant une ouverture juste suffisante pour le passage du chariot chargé, qui est descendu et introduit dans le bac ; l'ouverture est refermée et les vapeurs d'alcool et d'éther se dégagent dans le bac étanche. Elles sont constamment entraînées par un courant d'air, condensées par réfrigération et recueillies.

Digitized by Google

Quand l'essorage est suffisant, des mouvements inverses de ceux d'introduction des bandes permettent de les retirer.

La récupération est très satisfaisante et réalise un très grand progrès sur l'essorage en dépôt au point de vue de l'hygiène. Toutefois, quelques détails pourraient encore être perfectionnés. C'est ainsi qu'au moment de la descente du chariot, un ouvrier enserre dans ses bras les bandes de poudre chargées d'éther pour les guider vers l'ouverture du bac. Un dispositif simple pourrait, semble-t-il, dispenser l'ouvrier de cette manœuvre, qui lui fait respirer pendant quelques minutes des vapeurs d'alcool et d'éther.

Les ateliers de découpage, dans lesquels la poudre est amenée après essorage, présentent une atmosphère encore assez fortement chargée de vapeurs d'éther.

Il existe aussi des vapeurs d'éther dans les ateliers de triage et d'arrimage des poudres vertes, où les ouvrières sont en présence de stocks de matières non complètement débarrassées de leur dissolvant et où il n'existe qu'une ventilation naturelle insuffisamment énergique pour aérer les locaux.

Enfin, dans les séchoirs de poudres B vertes, l'atmosphère est presque irrespirable, tant à cause de la température de l'air que de la présence de fortes quantités de vapeurs d'alcool et d'éther. Mais les ouvriers n'ont pas à pénétrer dans ces ateliers pendant le séchage, et les opérations de chargement et de déchargement ne se font qu'après aération et refroidissement.

3° *Ateliers à poudres B sèches.* — Les nombreux ateliers dans lesquels s'effectuent les opérations consécutives au premier séchage des poudres B, telles que lissages, tamisages, trempages à l'eau chaude, resséchages, mélanges, bottelage, encaissage ne présentent aucune cause d'insalubrité qui mérite d'être signalée. Il n'y a plus de dégagement de vapeurs ni de poussières en quantités appréciables.

A Saint-Médard, la délégation a visité un atelier de fabrication d'éther et a pu constater que cette fabrication annexe était, comme aussi la rectification de l'alcool usagé, très satisfaisante au point de vue de l'hygiène.

Digitized by Google

IV. — Mélinite, crésylite et explosifs nitrés analogues.

On doit distinguer dans ces fabrications :

1° Les opérations de nitration ;
2° Les opérations effectuées sur le produit nitré.

Opérations de nitration. — La première opération consiste dans la préparation du dérivé sulfoné par action d'acide sulfurique sur le phénol ou le crésol. Cette préparation ne dégage pas de vapeurs nocives. On doit signaler, toutefois, que les transvasements d'acide se font par des moyens rudimentaires (transport en touries et siphonnage direct) au lieu de s'effectuer, comme dans les fabriques de coton-poudre, par des tuyauteries fermées.

Après la préparation du *sulfo-conjugué*, vient l'opération de nitration proprement dite. A Saint-Chamas, on emploie le procédé dit *à l'acide nitrique*, et cet acide est fabriqué dans des appareils Valentiner dont le fonctionnement est très satisfaisant. Dans les autres poudreries, on continue à employer l'ancien procédé dit *au nitrate de soude*, dans lequel on se sert, non pas de l'acide nitrique, mais d'un mélange de nitrate de soude et d'acide nitrique faible qui, sous l'action de l'acide sulfurique, fournit de l'acide nitrique fort pendant l'opération de nitration proprement dite. Ce procédé ne donne lieu d'ailleurs à aucune observation spéciale au point de vue de l'hygiène.

La nitration se fait en récipients fermés, et les vapeurs nitreuses qui se produisent sont conduites dans des batteries et des tours de condensation. Théoriquement, il ne doit donc se dégager aucune vapeur nocive dans l'atelier. En fait, on a pu constater que les joints des appareils ne sont pas parfaits et qu'il se dégageait quelques vapeurs rouges, surtout au moment de l'envoi d'air comprimé dans les vases à réaction. A Saint-Chamas, l'atelier était un hangar ouvert et le dégagement de ces vapeurs était sans inconvénient pour les ouvriers. Dans les autres établissements, l'atmosphère des ateliers ne contenait, au moment des visites, qu'une proportion de vapeurs acides trop infime pour pouvoir incommoder le personnel.

2° *Opérations consécutives à la nitration.* — La précipitation

Digitized by Google

des produits nitrés dans le bain acide et le lavage de ces produits ne donnent lieu à aucune observation. Au moment du noyage, il se produit bien quelques vapeurs acides, mais l'opération se fait à l'air libre et les vapeurs acides ne peuvent pas incommoder le personnel ouvrier.

L'essorage de la mélinite dans des centrifuges et la fusion de la crésylite sous l'eau ne donnent lieu à aucune observation.

Il n'en est pas de même des opérations portant sur les produits à l'état sec (broyage et tamisage de la crésylite, tamisage de la mélinite, mélange et emballage des explosifs nitrés), qui donnent lieu à des dégagements de fines poussières très irritantes qui provoquent immédiatement la toux.

A Esquerdes, le premier broyage de la crésylite se fait sur la matière sèche et produit des poussières qui rendent l'atelier véritablement intenable. Pour pouvoir résister à ces poussières, les ouvriers sont munis, pendant le travail, de masques Detourbe. La Commission a constaté que ce masque (qui applique un tampon de ouate contre la bouche et les narines) était très efficace, mais les poussières imprègnent néanmoins les moustaches et finissent par atteindre les lèvres et leur communiquer un goût amer et désagréable.

Au Bouchet et à Vonges, la crésylite fondue est coulée avec de l'eau et lors du premier broyage, la matière renferme de 3 à 6 pour 100 d'eau. Grâce à cette humidité, le dégagement de poussières est considérablement diminué et même pratiquement annulé.

Les broyages et les tamisages se font dans des appareils clos, mais néanmoins il se dégage toujours des poussières, et toutes les opérations qui portent sur la mélinite et la crésylite à l'état sec sont des opérations très désagréables.

On a signalé à la Commission que les opérations de prélèvement des échantillons sur les lots de crésylite, qui exigent le mélange à l'état sec, sont extrêmement pénibles, tant pour les officiers qui en sont chargés, que pour les ouvriers qui les assistent dans l'opération.

La Commission n'a pas assisté aux opérations de la fabrication de la tolite, mais, d'après les renseignements obtenus, cette opération est tout à fait comparable à celle de la mélinite pour la phase de

Digitized by Google

nitration. Dans la phase consécutive à la nitration, elle donne lieu aussi à des dégagements de poussières, mais plutôt moins abondantes et moins irritantes que celles de la mélinite.

V. — Poudres diverses.

Poudres de chasse J. — Les seuls ateliers à poudres de chasse J qui se distinguent des ateliers à poudres B, sont l'atelier de broyage des bichromates et les ateliers de mélange, lissage, tamisage et encaissage des poudres sèches.

Tous ces ateliers donnent lieu à des dégagements de poussières extrêmement irritantes. Ils ont été munis récemment d'un dispositif de ventilation dont la Commission a pu constater les heureux résultats. Dans ce dispositif, l'aspiration d'air se produit aux endroits mêmes où se dégagent les poussières qu'on entraîne de cette façon vers l'extérieur, sans les laisser se répandre dans l'atmosphère des ateliers.

Poudres de chasse S. et M., et poudre EF pour tir à blanc. — La délégation n'a pas visité ces fabrications qui ne lui ont pas paru présenter d'intérêt spécial, les causes d'insalubrité étant évidemment les mêmes que dans la fabrication des poudres B.

Poudre de chasse T. — La Commission a constaté à Sevran que les vapeurs d'acétone dégagées par cette poudre étaient réellement pénibles dans l'atelier de laminage et de découpage. Il n'y avait pas de ventilation dans cet atelier, et les ouvrières qui procédaient au laminage étaient obligées de respirer les vapeurs émises par les bandes de poudres.

Explosifs chloratés. — La fabrication des hydrocarbures nitrés (mononitronaphtaline et dinitrotoluène) nécessaires à la préparation des explosifs chloratés dits *cheddites* ne comporte pas de cause d'insalubrité ; elle se fait en appareils clos et un dispositif ingénieux employé par les ingénieurs de Vonges assure la condensation des vapeurs acides. Comme il n'y a pas de pulvérisation d'explosif à effectuer, on n'a pas à redouter la production de poussières comme dans la fabrication de la mélinite.

Digitized by Google

Les opérations de broyage, tamisage et pesage du chlorate donnent lieu à des dégagements de poussières ténues qui se répandent dans l'atelier, bien que ces opérations se fassent mécaniquement dans un appareil clos. Les poussières de chlorate ne sont pas irritantes.

La fusion des dérivés nitrés dans l'huile de ricin, nécessaire pour l'incorporation du chlorate, donne naissance à de petites quantités de vapeurs d'une odeur fade. Les autres opérations ne dégagent ni vapeurs ni poussières appréciables ; le seul point à noter est que l'écrasement de l'explosif se fait à main d'homme, à l'aide de rouleaux comparables aux rouleaux de pâtissier, et que les ouvriers ont les mains au contact continuel des matières d'explosifs.

Explosifs au nitrate d'ammoniaque. — Les naphtalines nitrées, qui entrent dans la composition des explosifs au nitrate d'ammoniaque, sont préparées dans des appareils clos; les vapeurs nitreuses dégagées sont reçues et condensées dans des batteries de condensation, et il n'y a dans cette partie de la fabrication aucune cause d'insalubrité de nature à être signalée.

La trituration sous les meules du mélange de naphtalines nitrées et de nitrate d'ammoniaque (ou de soude) donne lieu, vers la fin de l'opération, quand la trituration a desséché les matières, à quelques poussières à odeur légèrement piquante, mais l'on ne pénètre dans l'usine que pour les opérations de chargement et de déchargement, et les poussières paraissent si peu gênantes, que les ouvriers jugent inutile de se munir des masques Detourbe mis à leur disposition.

La trituration, le tamisage et le pesage des matières se font au moyen d'un appareil fermé qui ne devrait pas laisser dégager de poussières. Toutefois, la Commission a pu constater une production assez abondante de poussières au moment de l'introduction des matières dans la trémie du broyeur et au moment du versement des matières tamisées dans les caisses d'emballage. Les ouvriers ne s'astreignent pas au port du masque Detourbe pour se garantir de ces poussières.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

ÉTUDE DES ACCIDENTS QUI PEUVENT SE PRODUIRE AU COURS DE LA FABRICATION DES POUDRES ET EXPLOSIFS

(Étude d'hygiène médicale et de toxicologie clinique).

I.

ACCIDENTS CAUSÉS PAR LES POUSSIÈRES.

A. — Poudre noire.

Les poussières qui se dégagent au cours de la fabrication des poudres noires sont : des poussières de charbon, de soufre et de salpêtre.

1° *Poussières de charbon.* — Les ouvriers ne semblent pas incommodés par les poussières de charbon. On n'a jamais signalé d'accidents imputables à l'inhalation de ces poussières, même chez les ouvriers travaillant depuis longtemps à la poudre noire. Le Dr Olivier, médecin de la poudrerie de Toulouse, estime même que les vapeurs résultant de la carbonisation ont, en raison de leur richesse en créosote, une action plus bienfaisante que nocive.

La seule affection à laquelle pourraient être sujets les ouvriers, est l'anthracose pulmonaire. Cette maladie, communément observée chez les mineurs, est due à l'inhalation de particules de charbon. Évoluant très lentement, ce n'est qu'au bout de 10 à 20 ans d'un travail continu au milieu des poussières qu'en apparaissent les premiers symptômes, le plus souvent à l'occasion d'une maladie aiguë des voies respiratoires, bronchite ou pneumonie, par exemple.

Cette bronchite ou cette pneumonie s'accompagne alors de crachats noirâtres persistants, ce qui fait dire aux ouvriers que *le poussier s'est attaché à l'homme.*

Après un temps plus ou moins long, l'état général s'altère, le malade s'amaigrit, a le teint terreux, se plaint de dyspnée con-

Digitized by Google

tinue et tombe peu à peu dans un état de cachexie profonde. On sait maintenant que l'anthracose est incapable, à elle seule, de causer la mort. Mais la poussière de charbon peut, dans certains cas, constituer une cause d'appel pour la tuberculose pulmonaire. Il n'apparaît pas, du reste, à la lecture des rapports médicaux qui nous ont été communiqués, que les ouvriers travaillant à la poudre noire soient beaucoup plus atteints que d'autres par cette maladie.

2° *Poussières de soufre.* — On a signalé également quelques cas d'irritation des muqueuses par les poussières de soufre ; ce sont des faits exceptionnels et, du reste, sans gravité. Les particules de soufre ne sont pas, en effet, très toxiques, et leur inhalation, même prolongée, ne détermine aucun accident chez l'homme. Dans les quelques cas qui ont été relatés, ces poussières avaient déterminé une légère irritation de la conjonctive, se traduisant par la rougeur des yeux, du larmoiement et de la photophobie. Tous ces accidents sont de très courte durée et ne s'accompagnent qu'exceptionnellement de lésions oculaires plus graves.

Il résulte donc, de ce qui précède, que la fabrication de la poudre noire est à peu près inoffensive ; cependant le Dr Atgier, médecin de la poudrerie de Sevran-Livry, a cru pouvoir, dans un rapport très documenté et très intéressant, incriminer dans quatre cas les poussières de poudre noire comme causes de l'ulcère perforant de la cloison nasale, dit *ulcère des poudriers*.

Voici ces quatre observations :

1° V... Charles, 54 ans.

A toujours travaillé depuis longtemps et exclusivement à la poudre noire.

Eczéma en 1907, rhumatisme en 1908 ; *rhinite chronique, fracture et déviation à gauche de la cloison nasale par chute dans l'enfance.*

Venu à la consultation pour eczéma de la lèvre supérieure ; est reconnu atteint de perforation ancienne de la cloison nasale.

2° V... Pierre, 50 ans.

A toujours travaillé depuis longtemps et exclusivement à la poudre noire.

Eczéma au pied en 1907, néphrite infectieuse en 1908.

Digitized by Google

Venu consulter pour eczéma de la lèvre supérieure ayant nécessité un traitement prolongé et l'épilation; est reconnu atteint de perforation ancienne de la cloison nasale.

3° M... Abel, 47 ans.

Travaille depuis longtemps à la poudre noire.

A la consultation est reconnu atteint de rhinite aiguë compliquée d'eczéma du sillon naso-labial et d'ulcération du 2e degré au niveau d'*une déviation de la cloison nasale provenant d'une chute dans l'enfance.*

Respiration nasale gênée, surtout la nuit.

Sujet aux bronchites suspectes.

Traité une quinzaine par les moyens susdits.

Guérison sans lésion.

4° F... Victor, 26 ans.

Travaille depuis longtemps à la poudre noire.

A la consultation a été reconnu atteint de *fracture ancienne de la cloison nasale* non réduite et *déviation* consécutive.

Est atteint actuellement de rhinite aiguë greffée sur une rhinite chronique généralisée, compliquée de pharyngite et de rétrécissement notable de la narine gauche, qui présente une tache blanche nacrée, prémonitoire d'ulcération au niveau de la déviation susdite.

Éthylisme chronique.

Traité une quinzaine par les moyens susdits.

Guérison de l'état aigu et de l'ulcération sans lésion.

Le Dr Atgier fait suivre ces quatre observations du résumé et des conclusions suivantes :

« En ce qui concerne les lésions produites chez les ouvriers n'ayant travaillé *qu'à la poudre noire* aucun pourcentage n'a été fait; toutefois, en considérant que vingt ouvriers environ ont été examinés à ce point de vue jusqu'à ce jour et que deux ont été reconnus atteints de lésions définitives et deux de lésions curables, on pourrait s'arrêter à une proportion de 4 *pour* 20, c'est-à-dire 20 pour 100, comme pour la poudre J.

» Nous nous empressons d'ajouter que ce pourcentage est d'autant plus approximatif, que nous n'avons relevé d'observations individuelles relatives à la poudre noire que depuis un an à peine, c'est-à-dire depuis que nous avons constaté que cette poudre

Digitized by Google

n'était pas absolument inoffensive comme on l'avait cru jusqu'à ces derniers temps.

» Quoi qu'il en soit, les lésions dues à la poudre noire nous ont paru des exceptions, alors que celles de la poudre J sont pour ainsi dire la règle, en l'absence de soins préventifs ou curatifs. »

Les conclusions ci-dessus ne nous paraissent pas à l'abri de toute critique et ce, pour les raisons suivantes :

1° Il nous semble tout d'abord que ces observations ne sont pas assez développées; qu'il importerait, en particulier, de connaître plus complètement les antécédents des ouvriers et de savoir notamment si la syphilis ou la tuberculose ne pourraient pas, en l'espèce, être incriminées.

On sait, de plus, que l'ulcère de la cloison nasale peut être dû à des causes multiples et des plus différentes; que cette affection *peut même survenir* sans cause apparente chez des sujets absolument sains. Il est donc difficile de faire jouer un rôle spécifique aux poussières de charbon, poussières inertes et non corrosives, dans l'apparition et l'évolution de cette affection.

2° A la suite du rapport du Dr Atgier, le Ministre de la Guerre prescrivit une enquête médicale destinée à signaler les cas d'ulcère perforant constatés dans les autres poudreries. *Le résultat de cette enquête fut absolument négatif.* Seul le Dr Lurette, médecin de la Poudrerie d'Esquerdes, a rapporté une observation d'ulcère perforant de la cloison, mais il fait remarquer que, dans ce cas, la lésion est survenue chez un ouvrier éloigné depuis longtemps de la poudrerie et, de plus, atteint de diabète; c'est pourquoi il lui a paru, comme il nous paraît à nous-même, difficile d'attribuer cet accident à la manipulation des poudres.

Nous avons vu plus haut que le Dr Atgier estimait à 20 pour 100 le nombre d'ouvriers, travaillant à la poudre noire, atteints d'ulcère de la cloison. Cette statistique se trouve donc en complet désaccord avec les résultats généraux de l'enquête.

3° Enfin, si nous analysons minutieusement les observations rapportées par le Dr Atgier, nous remarquons que, sur les quatre cas observés, *trois* ont trait à des ouvriers qui ont présenté, avant l'ulcération, des accidents traumatiques : fractures ou luxations des os du nez, déviation ancienne; or il est admis que les lésions trau-

Digitized by Google

matiques suffisent à déterminer ultérieurement, *et à elles seules*, l'ulcère de la cloison nasale.

Le Dr Atgier a rapporté quatre autres cas qu'il ne range ni dans les accidents causés par le bichromate, ni dans ceux qu'il attribue à la poudre noire.

Voici ces observations :

1° Mme K..., 28 ans.

Travaille à la poudre blanche depuis le 13 septembre 1906, en particulier au laminoir et au triage.

Prédisposée à l'anémie, aux *épistaxis*. Grippe grave hiver 1906. Sciatique aiguë hiver 1907.

Venue en octobre 1908, en consultation pour autre motif, est reconnue atteinte, à son insu, de perforation définitive de la cloison nasale.

2° L... Pierre, 22 ans.

Venu en octobre 1908 à la Poudrerie d'Angoulême.

Est reconnu, à la visite d'admission à la Poudrerie de Sevran, atteint d'ulcère perforant de la cloison cartilagineuse du nez du côté gauche, en voie d'évolution.

Parti sous les drapeaux; n'a pu être suivi.

3° M... Augustin, 32 ans.

Tourneur mécanicien à l'atelier de la poudrerie, n'a jamais travaillé à aucune poudre.

Luxation de la cloison nasale à droite, provenant d'un accident de l'enfance.

Est actuellement atteint d'ulcération de la cloison nasale du côté gauche, siégeant dans un diverticulum produit par *la déviation de cette cloison*, diverticulum dans lequel séjournent les poussières ténues métalliques d'acier, de cuivre, etc. Cette lésion est caractérisée en ce point par des picotements du nez, des grattements, des épistaxis survenant lors de la chute des escharres de la muqueuse, produites par l'ulcère.

Les lavages, lotions et onctions antiseptiques sont pratiqués, les lavages à la solution de menthol faisant reparaître les épistaxis sont supprimés; les attouchements répétés au salol camphré, avec le pinceau de Weber, font définitivement cicatriser la lésion.

Le 1er octobre, rechute, lors d'un coryza ; l'ouvrier étant prévenu vient de suite se faire traiter. Guérison sans lésion.

Digitized by Google

4° S... Claude, 26 ans.

Broyeur et tamiseur à la trinitronaphtaline, à laquelle il vient de travailler un certain temps (1 mois environ.)

Fracture ancienne et déviation de la cloison nasale à gauche, datant d'un accident de l'enfance et déterminant de la rhinite chronique.

Venu à la consultation, est reconnu (outre la dermatoconiose ou lésion rouge brun de l'épiderme de la face et des mains) atteint d'eczéma du menton et d'ulcère au deuxième degré, siégeant au niveau de la déviation de la cloison nasale et du côté opposé, c'est-à-dire dans le retrait produit par cette déformation.

Éprouve des picotements irrésistibles du nez, depuis le premier jour de travail à cette poudre, et une sensation de brûlure à toute la peau et surtout au nez, lors des lavages froids qui rendent la peau plus rouge encore par la dissolution des éléments de la poudre et leur pénétration dans les pores de la peau.

Malgré l'usage de l'ouate et du mouchoir devant le nez, il éprouva un catarrhe nasal permanent; n'a pu supporter le masque à cause du contact des bords en feutre sur la face hypéresthésiée par la trinitronaphtaline.

Traité une quinzaine par les moyens susdits. Guérison sans lésion.

Pour ces quatre cas, le Dr Atgier reconnaît qu'il lui est impossible d'expliquer étiologiquement l'origine de l'affection. Il n'y a là encore, à notre avis, qu'une simple coïncidence. (Nous devons cependant faire encore remarquer que deux de ces ouvriers étaient porteurs, soit de déviation simple de la cloison, soit de fracture ancienne avec déviation consécutive.)

B. — Bichromates de potasse et d'ammoniaque.

Les accidents présentés par les ouvriers qui fabriquent la poudre J ou poudre au bichromate, ont fait le sujet de plusieurs rapports du Dr Atgier, médecin de la Poudrerie de Sevran-Livry.

Ces accidents sont de deux sortes :

a. Les uns atteignent les téguments;

b. Les autres ont pour siège les muqueuses et principalement la muqueuse nasale, où ils déterminent cette affection particulière dite *ulcère perforant de la cloison*.

Digitized by Google

1° *Lésions cutanées.* — Les poussières de bichromate peuvent agir directement sur la peau et déterminer des accidents plus ou moins graves. Leur action ne se produit en général que lentement, *surtout si les téguments sont intacts*, et le Dr Atgier n'a jamais observé, à Sevran-Livry, d'accidents cutanés sérieux. Pour que des lésions graves se produisent, il faut, en effet, qu'il existe, au préalable, une solution de continuité de la peau, de petites érosions ou ulcérations, par exemple. Il se forme alors rapidement des ulcérations qui tendent à gagner en profondeur et qui peuvent aller jusqu'à la mortification des tissus. L'escharre qui se forme passe alors du jaune au brun et finalement au noir; elle est sèche et augmente peu à peu d'épaisseur. Les auteurs ne sont pas d'accord sur la durée de son évolution. Elle tomberait très rapidement, en 24 heures à 48 heures pour les uns; très lentement, au contraire, en 5 à 6 jours pour les autres, laissant à sa suite une ulcération qui se cicatrise plus ou moins vite.

Cependant, si l'on n'a jamais noté d'accidents graves à Sevran-Livry, le Dr Atgier a observé très fréquemment des furoncles et surtout des eczémas siégeant aux mains, à la figure et aux jambes. Rappelons enfin que ces lésions cutanées peuvent se rencontrer, non seulement dans les zones directement irritées par les poussières de bichromate, mais aussi dans les régions les plus diverses, les poussières y étant alors transportées par les mains des ouvriers; c'est ainsi qu'on a pu décrire des eczémas des organes génitaux chez l'homme.

2° *Lésions des muqueuses.* — Les poussières de bichromate peuvent également atteindre et léser les muqueuses directement exposées au contact de l'air. Nous signalerons seulement, à titre d'accidents exceptionnels, les lésions de la trompe d'Eustache, du tympan, les otites suppurées et les bronchites dues à cette action du bichromate sur les muqueuses de l'oreille et des voies respiratoires. Ces accidents, extrêmement rares, n'ont jamais été observés, du reste, à Sevran-Livry.

Les muqueuses respiratoires et digestives supérieures sont beaucoup plus fréquemment lésées par les poussières de bichromate. C'est là un fait admis par la plupart des auteurs actuels. La fréquence de l'ulcère perforant de la cloison est une confirmation de

Digitized by Google

cette notion, puisqu'il résulte des statistiques du Dr Atgier qu'on rencontre cet accident chez 20 *pour* 100 au moins des ouvriers.

Décrite depuis longtemps chez les ouvriers travaillant dans le sel de chrome, cette affection a été étudiée, à l'étranger, par Zuckerkandl, Hajek, Voltoni, etc.; en France, par Clouet, Delpech, etc. Le Dr Atgier a cherché et étudié cette lésion qui n'avait pas encore été signalée chez les ouvriers poudriers; il en a réuni vingt observations, dont il a dégagé les faits suivants :

« 1° Il fait d'abord remarquer que son examen n'a pu porter que sur les ouvriers se présentant à la visite médicale, et non sur la totalité du personnel employé à la poudre J.

Dans la presque totalité des cas, les malades ne venaient pas consulter pour leurs lésions nasales, *que quelques-uns même ignoraient;* aussi, le chiffre de 20 pour 100 d'ouvriers atteints, chiffre résultant de la statistique du Dr Atgier, est-il, à bon droit, considéré par cet auteur comme inférieur, probablement, à la réalité.

» 2° L'ulcère perforant étant absolument indolore et ne déterminant aucun trouble fonctionnel, il est nécessaire de pratiquer, de parti pris, l'examen rhinoscopique de chaque malade pour pouvoir le constater.

» 3° Cette lésion est susceptible de guérir, si elle est reconnue et soignée à temps. »

La formation de l'ulcère perforant de la cloison nasale s'explique de la façon suivante :

L'air inspiré ne se dirige pas normalement en ligne droite vers la partie supérieure du nez : par suite de la disposition des cartilages, le courant aérien se brise d'abord contre la cloison. C'est donc par suite d'une disposition anatomique que les corps étrangers en suspension dans l'air inspiré viennent irriter directement et plus énergiquement la région de la cloison.

Mais, pour que l'ulcère se produise, deux conditions sont nécessaires :

1° Altération préalable de la muqueuse;

2° Contact prolongé avec des poussières de bichromate.

L'altération de la muqueuse est réalisée, en général, par un coryza ou une rhinite qui déterminent fréquemment des épistaxis. Les ouvriers peuvent également, en se grattant le nez avec

Digitized by Google

des ongles imprégnés de bichromate, déterminer d'une façon toute mécanique des lésions de la muqueuse de la cloison.

Un contact prolongé au milieu des poussières est, d'autre part, nécessaire. On a constaté, en effet, que lorsque l'ouvrier était changé d'atelier, la lésion cessait d'évoluer et même régressait pour apparaître, dès que le même individu respirait à nouveau des parcelles de bichromate.

Lorsque ces deux conditions sont réalisées, il se produit des hémorrhagies qui déterminent un état spécial de la muqueuse, et appelé par Zuckerkandl la *Xanthose*. La muqueuse prend une teinte jaune sale, signature objective de la métamorphose qu'elle a subie à la suite des hémorrhagies internes. Cet état spécial de la muqueuse serait, pour cet auteur, la cause déterminante et essentielle de l'ulcère perforant.

L'ulcère, une fois formé, évolue suivant un certain nombre de stades :

1° Ulcération de la muqueuse d'un des côtés de la cloison ;
2° Mise à nu du cartilage ;
3° Perforation du cartilage ;
4° Perforation complète de la cloison respectant encore la muqueuse du côté opposé ;
5° Enfin, perforation totale de la cloison et de la muqueuse constituant le stade définitif et le plus complet de l'affection.

Lorsque l'ouvrier a été traité et soustrait à temps à l'action de ces poussières, l'ulcère n'arrive pas à ce stade définitif : il peut se limiter à l'atteinte de la muqueuse; quelquefois, à un degré de plus, on note une atrophie partielle de la cloison n'aboutissant pas à la perforation.

Les symptômes qui permettent de reconnaître cette affection sont très nombreux : l'ulcère perforant ne détermine, en effet, aucune douleur, aucun trouble fonctionnel, aucune déformation du nez. On a quelquefois noté la fréquence des épistaxis au début; on a signalé également une sorte de chatouillement déterminant des éternuements répétés. Il n'en est pas moins vrai que, dans l'immense majorité des cas, l'ulcère évolue tout à fait insidieusement, ignoré du malade qui en est porteur. Seul, un examen rhinoscopique permet d'en déceler l'existence : on constate alors

Digitized by Google

sur la partie antérieure de la cloison cartilagineuse, plus rarement sur la cloison cutanée ou osseuse, la présence d'ulcérations arrondies ou ovalaires, dont les dimensions varient d'une tête d'épingle à celle d'une pièce de 1 franc, et présentant les caractères suivants : c'est une petite surface de couleur gris sale, ressemblant à une toile d'araignée (Zuckerkandl) et qui est constituée par l'épithélium nécrosé. Elle est recouverte d'un enduit sanguinolent ou légèrement purulent fait de cellules desquamées de la muqueuse de la cloison.

La lésion évolue alors suivant les stades anatomo-pathologiques, que nous avons énumérés plus haut, pour aboutir à la perforation complète.

C. — Chlorate de potasse.

La manipulation du chlorate de potasse produit un dégagement de poussières assez marqué. On n'a cependant jamais observé, dans les poudreries, d'accidents nettement imputables à cette substance.

A l'étranger, et en particulier en Allemagne, où l'on emploie ce produit dans la fabrication des allumettes, on a signalé, chez les ouvriers, quelques troubles digestifs, sans gravité du reste.

Le seul danger résultant de la manipulation du chlorate de potasse provient de la facilité d'inflammation des étoffes imprégnées de cette substance.

Les accidents à craindre et à éviter dans ces ateliers seront donc surtout des brûlures.

D. — Mélinite, crésylite.

La fabrication des explosifs nitrés, qui donne lieu, dans sa première partie, à des dégagements de vapeurs nitreuses, produit ensuite des poussières lors de la manutention des explosifs à l'état sec.

On n'a, jusqu'ici, jamais enregistré dans les poudreries d'accidents dus à ces poussières. Les médecins ont seulement signalé, et nous avons pu nous en rendre compte personnellement, l'action irritante des poussières de mélinite et de crésylite sur les voies respiratoires, action qui est telle qu'il est impossible,

Digitized by Google

sans masque protecteur, de séjourner, même quelques minutes, dans les ateliers. Cependant, lorsque les ouvriers ont été particulièrement exposés aux poussières de mélinite ou de crésylite, on peut quelquefois observer des troubles gastro-intestinaux consistant surtout en vomissements ou en diarrhée, souvent colorée en jaune. Ces symptômes peuvent s'accompagner d'élévation de température et d'accélération du pouls; mais le signe le plus fréquent et le plus important est la coloration spéciale de la peau qui prend une teinte jaunâtre et qui devient également le siège d'un prurit assez intense.

A défaut de cas constatés dans les poudreries, voici deux observations recueillies dans l'Armée par le Dr Romary (1) qui viennent à l'appui de cette symptomatologie.

Observation I. — « Le nommé G. Louis est employé comme manœuvre, dans l'après-midi du 1er avril, à la manipulation de caisses ayant contenu de la mélinite pulvérulente et dans lesquelles il reste une certaine quantité de poudre explosive dont ses mains sont bientôt couvertes. C'est la première fois qu'il manipule ce produit.

» Dans le cours de son travail, sans avoir procédé à aucun lavage de ses mains, il tire de sa poche un morceau de pain qu'il mange entièrement en plusieurs fois, bien qu'il lui trouve un goût amer très prononcé. Cette saveur est évidemment due à la poussière de mélinite.

» Au repas du soir, G... mange de bon appétit. Vers $\frac{1}{7}$h, il est pris brusquement de coliques qui prédominent dans la région du colon-transverse et, en moins de 1 heure, il a trois selles diarrhéiques non fétides. La nuit se passe sans troubles notables, mais, dans la journée du 2, on note six selles liquides bilieuses. Pas de nausées ni de vomissements. Pas de céphalée; quelques légers vertiges.

» Jusqu'ici, le malade, qui comptait partir en permission pour la journée du dimanche 3 avril, n'a pas demandé de soins ; mais, comme il a eu huit selles dans la nuit du 2 au 3, il se décide à se présenter le dimanche matin à l'infirmerie. La diarrhée a cessé, les

(1) Dr Romary, médecin-major de 2e classe, *Deux cas d'intoxication par la mélinite* (*Le Caducée*, n° 22, 19 novembre 1910, p. 399).

Digitized by Google

coliques persistent. Pas de nausées ni de vomissements. L'urine (il n'a pu être recueilli que 800^{g} dans les 24 heures suivantes) est rouge brique. Pas d'albumine. Une analyse, faite à l'hôpital militaire, a montré la présence de fortes quantités d'acide urique, mais il n'a pu être décelé de traces d'acide picrique. Les mains, le dessous des ongles, ont une teinte jaune clair qui persistera encore plusieurs jours. Rien au cœur ni aux poumons. Pas de céphalée. Pas d'érythème. Régime lacté. 10 gouttes de laudanum qui seront renouvelées le soir. A partir de ce moment les coliques disparaissent.

» Le lendemain, les urines remontent à 1200^{g} et sont plus claires. Pas d'albumine. Une selle sérieuse. État général excellent. Le 5, le malade est complètement guéri. Il reprend son service le 6 avril. »

Observation II. — « M. P. François, 23 ans, artificier. Le mercredi 30 mars, cet homme est chargé d'ouvrir un fût de bois cerclé de fer contenant 150^{kg} de mélinite. Dans une manœuvre, peut-être un peu précipitée, le fond de fût est brisé, tombe dans la mélinite en soulevant un nuage abondant de poussières jaunes. P..., tout essoufflé par son travail, inhale, à plusieurs reprises, de la mélinite pulvérulente. Il sent à la bouche une amertume prononcée, éternue à plusieurs reprises et éprouve une légère cuisson des conjonctives. Dans la suite de son travail, qui dure 2 heures, en tassant la mélinite dans des récipients, il touche cet explosif avec ses mains, mais il a la précaution de se laver soigneusement les mains au savon avant de manger.

» Le 31 mars, le goût d'amertume dans sa bouche persiste, mais il n'existe aucun signe morbide. P... retourne à son travail dans les mêmes conditions que la veille et respire encore des poussières de mélinite. La nuit suivante, il dort peu et, le 1er avril au matin, il se lève avec une assez violente céphalée qui s'accentue progressivement et empêche tout travail. Elle s'accompagne de vertiges avec bourdonnements d'oreilles, anorexie, affaiblissement musculaire, fourmillements et crampes dans les membres inférieurs. Urines rares et rouges. Température : 37° le matin et 37°,4 le soir. Régime lacté.

» Le 2, après une nuit d'insomnie, température 37°,8, céphalée,

Digitized by Google

raideur de la nuque, courbature générale. Douleurs rhumatoïdes, sans signes objectifs dans toutes les articulations des membres avec prédominance du côté gauche. Le malade n'est pas rhumatisant, ses douleurs ne sont influencées ni par l'antipyrine, ni par le salicylate de soude, elles sont moins fortes la nuit que le jour. Urines des 24 heures, teinte rouge brique, 900^{g}. Pas d'albumine ; forte proportion d'acide urique. La recherche méthodique de l'acide picrique n'a pas permis de le déceler dans les urines. Rien au cœur ni aux poumons. Les doigts ont conservé une teinte jaune persistante. Pas d'érythème. Température le 2, au soir : 38°,7.

» Le 3, les symptômes sont les mêmes que la veille, mais nettement atténués. Le malade a dormi, les douleurs articulaires et la céphalée diminuent rapidement. Les urines sont plus abondantes et plus claires, pas de fièvre.

» Le 4 et le 5, l'amélioration continue et bientôt l'état est normal. Le malade reste toutefois en observation quelques jours et quitte l'infirmerie le 9 avril, entièrement guéri. »

II.

ACCIDENTS CAUSÉS PAR LES VAPEURS.

Généralités.

Les accidents causés par les vapeurs sont plus fréquents et surtout plus graves que ceux qui résultent de l'action des poussières.

Les vapeurs toxiques qui les provoquent peuvent agir isolément (vapeurs nitreuses, vapeurs d'alcool, vapeurs d'éther, vapeurs de toluène, de nitrotoluène) ou bien à l'état de mélange (alcool-éther, alcool-alcool amylique, etc.).

Les vapeurs qui se dégagent au cours de la fabrication des explosifs sont irrespirables; mais, de plus, elles sont toutes, soit *toxiques :* alcool, éther, toluène; soit à la fois *corrosives et toxiques :* vapeurs nitreuses.

Nous ne pouvons mieux exposer leur mode d'action sur l'organisme qu'en reprenant l'explication qu'en a donné le professeur

Digitized by Google

Brouardel dans son Ouvrage sur les *empoisonnements par les gaz et les vapeurs*.

Pour que la respiration fonctionne normalement, il faut que les globules sains du sang puissent se mettre, dans les alvéoles pulmonaires, en rapport avec l'air normal pénétrant librement jusqu'à ces alvéoles. Trois conditions sont nécessaires pour cela : il faut que l'air contienne en quantité suffisante le gaz nécessaire à la respiration; que les globules soient sains et arrivent aux alvéoles; que l'air circule normalement dans les voies respiratoires et pénètre jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Un trouble de l'un de ces facteurs peut déterminer l'asphyxie. Dans le cas d'un individu placé dans une atmosphère de gaz irrespirable, une seule de ces conditions est remplie et suffit à amener la mort. Si, de plus, ce gaz irrespirable est toxique et surtout s'il se combine à l'hémoglobine, les trois conditions déterminées ci-dessus se superposent pour arrêter le cours normal de la respiration : d'une part, manque d'oxygène, altération des globules et de l'hémoglobine, trouble de la respiration ; de plus, si le gaz est corrosif, il y a, en outre, altération du parenchyme pulmonaire et des muqueuses respiratoires, lésions qui viennent encore aggraver le processus asphyxique.

Nous diviserons l'étude des accidents causés par les vapeurs en deux groupes :

1° Vapeurs toxiques : alcool, éther, alcool-éther ;

2° Vapeurs toxiques et corrosives : vapeurs complexes susceptibles de renfermer de l'acide picrique, vapeurs de dinitrotoluène, vapeurs nitreuses.

A. — Vapeurs toxiques : alcool, éther.

Il y a eu, dans les poudreries et en particulier au Ripault et à Saint-Médard, plusieurs cas d'intoxication par les vapeurs d'alcool et d'éther et par le mélange d'alcool-éther. Ces accidents ont été en général de peu de gravité. Il y a eu cependant un cas mortel, en 1904, à Saint-Médard et un autre, en 1911, au Ripault.

Ces intoxications ont été étudiées au Ripault par le Dr Delaunay, et surtout à Saint-Médard, par le Dr Eyquem.

Digitized by Google

Voici le résumé des constatations faites dans les poudreries par ces deux médecins :

1° *Toxicité des alcools.* — De tous les alcools employés, l'alcool amylique est le plus toxique. Il se dégage en quantité assez abondante dans les ateliers.

Au Ripault, par exemple, le Dr Delaunay a fait analyser l'air respiré; les résultats trouvés ont été les suivants (Extrait du Rapport annuel du Médecin de la Poudrerie) :

Air des ateliers.....	6g	d'alcool par	mètre cube
Air moyen..	1g	id.	id.

D'autre part, le Dr Baley, ayant examiné 53 ouvriers qui se plaignaient de troubles dus aux vapeurs d'alcool-éther, constata que, de ces 53 ouvriers, 40 travaillaient à l'alcool amylique, 6 à l'alcool éthylique, et 7 à l'alcool-éther.

Cette toxicité élevée de l'alcool amylique est du reste un fait connu depuis longtemps, et il résulte des expériences de Dujardin-Beaumetz et Audigé que l'alcool amylique est le plus toxique de tous les alcools.

Voici les chiffres donnés par ces auteurs :

Alcool méthylique.....	tue 1kg	d'animal à la dose de	6g
Alcool éthylique absolu.	id.	id.	7,75
Alcool propylique.....	id.	id.	3,75
Alcool butylique.....	id.	id.	1,85
Alcool amylique.....	id.	id.	1,50

Le Dr Robert (1), dans une thèse inspirée par le Dr Eyquem, a étudié l'action, sur l'organisme, des vapeurs d'alcool-éther et a constaté les faits suivants :

Il a montré que le mélange de vapeurs d'alcool-éther était plus toxique que les vapeurs de chaque corps pris isolément, mais moins toxique que les vapeurs d'alcool amylique. Il a montré également que la toxicité de l'alcool amylique devenait plus grande si son évaporation était favorisée par l'évaporation simultanée d'éther ou d'alcool éthylique.

(1) Robert, *Thèse*, Bordeaux, 1901.

Digitized by Google

2° *Influence de la température.* — Comme pour les accidents causés par le dinitrotoluène, l'état de la température joue un rôle important. C'est toujours pendant la saison chaude, en particulier dans les mois de juin, juillet, août, que les cas d'intoxication par les vapeurs d'alcool ont été les plus fréquents.

3° Il est encore intéressant de noter que les ouvriers s'accoutument assez rapidement à l'odeur d'alcool qui se dégage des ateliers ; il en est quelques-uns qui présentent cependant une susceptibilité particulière à cet égard et qui sont obligés de cesser tout travail dès le début.

Les signes qui traduisent cette intoxication sont à peu de chose près les mêmes, qu'il s'agisse de vapeurs d'alcool amylique, d'alcool éthylique ou d'éther.

Nous aurons surtout en vue, dans la description qui va suivre, les troubles que présentent les ouvriers qui travaillent dans des ateliers où se dégagent des vapeurs d'alcool amylique.

A part quelques individus particulièrement susceptibles, les ouvriers n'accusent aucun dérangement pendant les premières semaines de leur entrée ; mais ils viennent bientôt consulter le médecin pour différents petits accidents décrits par Robert sous le nom de *Petits signes de l'influence des vapeurs sur les muqueuses*, et que le Dr Eyquem avait déjà signalés avant lui.

Ces accidents se succèdent en général dans l'ordre suivant : on observe tout d'abord, au début, quelques troubles locaux résultant de l'action directe des vapeurs sur la muqueuse oculaire. Les ouvriers ressentent des picotements désagréables qui entraînent rapidement du larmoiement. Ce larmoiement est presque toujours le premier signe de l'imprégnation par les vapeurs. On a constaté quelquefois des blépharites dues au contact des mains plus ou moins souillées de poussières ou de liquide alcoolique. La conjonctive peut être atteinte également ; c'est alors une conjonctivite catarrhale simple, peu douloureuse, déterminant plutôt une sensation de lourdeur qu'une douleur véritable. Les ouvriers se plaignent quelquefois de sentir leurs paupières collées le matin au réveil.

Les vapeurs alcooliques déterminent, également par leur action directe sur la muqueuse respiratoire, de l'enchiffrènement, de la toux, de l'enrouement. Ces symptômes seraient particulièrement fréquents dans le cas d'inhalation de vapeurs d'alcool amylique.

Digitized by Google

Au niveau de la muqueuse olfactive, il existe une congestion diffuse entraînant une sécrétion abondante. L'ouvrier a constamment la tentation de se moucher et le liquide qu'il retire est un liquide séreux peu abondant.

Les malades se plaignent fréquemment d'une sensation de constriction laryngée : comme si on leur serrait le larynx entre les doigts ; d'autres ont une sensation de dysphagie analogue à celle que produirait le passage d'un bol alimentaire trop volumineux ; d'autres enfin, et ceux-là sont la majorité, éprouvent fréquemment le besoin de cracher, et crachent, en effet, après chaque quinte de toux, des matières glaireuses et filantes.

Après ces troubles passagers que ressentent la plupart des ouvriers, même ceux qui, plus tard, ne présenteront plus de symptômes graves d'intoxication, apparaît un signe très net et constant, c'est la *disparition de l'appétit*. Cette anorexie ne survient que quelques semaines après le début du travail dans les ateliers. Il est cependant des ouvriers plus sensibles qui, dès le premier jour, accusent cette sensation. Cette susceptibilité exagérée est importante à noter, car elle ne s'atténue pas en général et est un signe qui permet de prévoir l'apparition, à brève échéance, de troubles plus importants.

Outre cette perte d'appétit, le malade accuse une sensation de brûlure, de chaleur à l'estomac. Il lui semble qu'il a constamment, suivant son expression, « un charbon qui le brûle ». Beaucoup présentent également à cette période des régurgitations, puis des vomissements ayant tous les caractères des pituites matinales des alcooliques.

L'anorexie et de la pituite matinale constituent les deux symptômes les plus importants. Mais souvent viennent s'ajouter des troubles intestinaux consistant surtout en coliques avec diarrhée dégageant une odeur très marquée d'alcool amylique.

Le plus souvent tout en reste là et l'ouvrier finit par s'accoutumer à ce dégagement de vapeurs.

Si l'intoxication est plus intense, l'appétit diminue encore, les vomissements deviennent de plus en plus fréquents, le teint devient pâle et jaunâtre, le foie est augmenté de volume, le cœur agité de palpitations pénibles ; à un degré de plus, les symptômes nerveux peuvent apparaître, ils consistent en une céphalalgie

Digitized by Google

continuelle, en vertiges, troubles de la vue, altérations du goût et de l'odorat; on constate fréquemment de l'affaiblissement de la mémoire ou bien du tremblement de tous les membres; chez quelques-uns il y a de l'insomnie, de l'agitation; chez d'autres, de la somnolence; chez tous, un affaiblissement général extrême.

Arrivée à ce point, l'intoxication est très grave, mais il y a lieu d'ajouter que ces formes graves sont très rares; on trouvera, cependant, plus loin, la relation d'un cas analogue qui se termina par la mort.

Tel est l'ensemble des symptômes présentés ordinairement par les ouvriers intoxiqués; mais cette description est forcément un peu schématique et les troubles peuvent varier suivant les saisons, suivant la quantité d'alcool inhalée, suivant le degré de résistance des individus, etc.; aussi nous avons cru utile de faire suivre cette description de quelques observations typiques de cas d'intoxication par les vapeurs d'alcool.

4° *Observations cliniques :* I. *Troubles gastriques d'origine alcoolique. Pituites matinales. Tremblement* (1). — B. L., *poudrier*. Cet homme est employé depuis un mois dans un atelier, où il est, par le seul fait de son travail, obligé de respirer des vapeurs d'alcool et d'éther.

Au début du mois, il a été examiné médicalement et ne se plaignait d'aucun trouble. Vers le milieu du mois de juin, il se présenta un matin à la consultation, se plaignant de sensation de brûlure à l'épigastre, de pyrosis, de perte d'appétit et de douleurs de tête assez vives, surtout le soir. Il ne demandait point à interrompre son travail, mais à obtenir simplement un traitement pour ses troubles gastriques.

On pouvait noter à ce moment-là simplement une haleine fétide, sentant fortement l'alcool amylique, et il est à noter que ce malade n'avait pas séjourné depuis environ 15 heures dans le milieu où il travaillait d'habitude. Malgré la prise de bicarbonate de soude et la mise à un régime lacté mixte, son état ne s'améliora pas. Petit à petit, il perdit complètement l'appétit et ses forces, ne se sentant

(1) Thèse Robert.

Digitized by Google

plus le courage de faire des efforts quelconques. Puis, apparurent des vomissements alimentaires et surtout pituiteux, laissant après eux un fort mauvais goût dans la bouche.

Lorsque nous examinons cet homme, nous constatons que son état général n'est pas parfait. Il est pâle, amaigri et se plaint amèrement d'avoir perdu ses forces.

Il dort peu la nuit et se repose mal.

Examen des organes. — C'est sur l'appareil digestif qu'est appelée notre attention, car, d'après les dires de cet homme, c'est surtout au niveau de l'estomac qu'il souffre. La langue est sèche et légèrement saburrale, cependant rien à noter de particulier à cet égard.

Cet homme dit avoir perdu l'appétit et ne pas manger comme par le passé. Il éprouve, dit-il, la sensation de faim en se rendant chez lui aux heures des repas, et, lorsqu'il se met à table, tout appétit a disparu, il ne peut manger et ne prend des aliments presque qu'avec répulsion. Ces sensations de fausse faim sont surtout marquées depuis ces derniers jours. Depuis quelques jours aussi, il a noté que sa voix était voilée, et que le matin surtout, en se levant, il sentait sa bouche pâteuse, était obligé de *râcler sa gorge* et que régulièrement il lui arrivait d'être obligé de *vomir des glaires filantes et épaisses*. Seulement après l'expectoration de ces glaires, il se sentait soulagé.

De même dans la journée après le repas, environ 1 heure 30 minutes après, il avait non seulement une sensation de brûlure constamment au niveau de l'estomac, mais des régurgitations acides, et s'il faisait un effort quelconque, s'il toussait, il avait régulièrement un vomissement alimentaire qui lui faisait rejeter tous les aliments qu'il avait pris à son repas. Ni le lait, ni le bicarbonate ne le soulageaient.

L'examen direct de l'estomac ne décèle cependant rien d'anormal, pas de douleurs, ni à la palpation, ni à la pression. Pas de dilatation marquée. Nous n'avons pu, à notre grand regret, soumettre ce malade à un repas d'épreuve et avoir un examen complet de son liquide gastrique.

Ce malade est, dit-il, normalement constipé et ses selles émettent une forte odeur d'alcool amylique.

Digitized by Google

Le foie de cet homme est légèrement augmenté de volume; mais il est assez peu sensible et n'est pas douloureux à la pression.

La rate n'est pas percutable.

Pas de colique, pas de diarrhée à noter. Rien à signaler du côté de l'appareil circulatoire.

Il est enroué, dit-il, depuis quelques jours et il tousse, surtout le matin. Il présente, en effet, une légère laryngite, mais nous ne trouvons à l'auscultation aucune lésion pulmonaire.

Rien à signaler non plus du côté de l'appareil pulmonaire. Cependant, nous avons recherché, par la méthode de Jorissen, la présence de l'alcool amylique dans ses urines et nous avons trouvé, d'une façon évidente, la coloration rose, même fortement marquée. Ce malade est, semble-t-il, légèrement polyurique, car il dit uriner souvent et en assez grande quantité à la fois.

Rien à signaler du côté de l'appareil cutané. La sueur est, dit-il, très abondante et émet une forte odeur d'alcool amylique. Pas d'éruption, pas de troubles trophiques. Nous ne trouvons rien à signaler du côté du système nerveux; mais, du côté de l'appareil musculaire, cet homme nous signale un affaiblissement considérable de ses forces.

En outre, il présente d'une façon à peu près constante des tremblements fibrillaires et, lorsque nous lui faisons étendre la main horizontalement, il a nettement du tremblement; nous n'avons trouvé rien à signaler de bien net dans les organes des sens.

En résumé, nous pouvons dire que cet homme présente une lésion stomacale prédominante; gastrite chronique, ayant évolué en peu de temps et ayant pris le caractère net de la gastrite alcoolique.

II. *Troubles gastriques d'origine alcoolique. Vertiges.* — G. G., *poudrier*. Cet homme est examiné après un mois de séjour dans un atelier où se manipulaient d'énormes quantités d'alcool et d'éther.

Au début du mois de juin, cet homme a été soumis à un examen médical complet et ne présentait aucun trouble susceptible d'être signalé.

Actuellement, il se plaint de troubles stomacaux de divers ordres

Digitized by Google

qu'il met sur le compte de son séjour au milieu des vapeurs d'alcool.

Il a perdu l'appétit d'une façon à peu près complète depuis environ 10 jours, et c'est presque avec dégoût qu'il prend actuellement quelque nourriture. Il ne vomit pas cependant, et présente assez irrégulièrement le matin quelques expectorations de glaires plus ou moins abondantes. Les aliments qu'il absorbe lui paraissent indigestes et, outre une sensation de lourdeur stomacale qu'il ressent d'une façon continue, il souffre de brûlures à la région épigastrique, sensation de chaleur intense et désagréable.

En dehors de ces quelques troubles d'origine stomacale, il présente, ce qu'il nomme *des tournements de tête*, des vertiges. Il lui semble avoir au niveau de la poitrine quelque chose qui l'oppresse, sensation qui s'accompagne rapidement d'anxiété précordiale, à laquelle viennent se joindre rapidement des nausées, des sueurs et une sensation de tournoiement de tous les objets qui l'entourent. Il est obligé, ou de s'asseoir ou de se tenir à un objet à sa portée pour ne pas tomber ; mais, le plus souvent, il se couche et s'allonge dès qu'il sent survenir ces vertiges, car, dit-il, ses jambes deviennent si faibles qu'il tomberait.

Ce malade ne nous signale ni nuages, ni mouches, de même qu'il nie entendre quoi que ce soit avant. Il n'a jamais de vomissements à la fin de ses crises vertigineuses.

Nous n'avons rien trouvé à signaler du côté des autres appareils.

L'examen des urines nous a permis de constater une élimination normale et la réaction de Jorissen nous a permis de déceler, d'une façon évidente, dans ces urines, la présence d'une quantité très appréciable d'alcool amylique.

III. *Anorexie. Gastrite alcoolique au début.* — M., *poudrier*. Cet homme est examiné au début de son séjour dans un atelier où il doit manipuler divers alcools.

De notoriété publique, il est très sobre et ne boit jamais d'alcool ni de spiritueux d'aucune sorte.

Après un séjour d'environ dix jours dans l'atelier, il se plaint à nous d'avoir perdu son appétit et son goût pour le travail. « Ses forces, dit-il, le trahissent ; il se sent nettement affaibli. »

Digitized by Google

Nous voyons cet homme à la fin du mois, et, par conséquent, à la fin du séjour qu'il doit faire dans cet atelier. Cet homme est nettement amaigri et surtout pâle et émacié. Il n'a plus, comme par le passé, d'entrain pour travailler et un rien le fatigue.

C'est surtout du côté de son estomac qu'il attire notre attention. Depuis quelques jours, en effet, il a totalement perdu l'appétit. C'est à peine et par force qu'il mange, mais c'est toujours avec dégoût. Quelquefois, cependant, il lui semble qu'il a faim, qu'il mangera en se mettant à table ; mais, dès qu'il commence à manger, il est pris de nausées qui l'empêchent de continuer son repas.

Il n'a pas eu, à proprement parler, de vomissements, quelques régurgitations très abondantes le matin en se levant et dans la journée ; du pyrosis, tels sont les troubles qu'il a contractés du côté fonctionnel. A peine une légère lourdeur et jamais une souffrance bien nette. L'estomac est sensible, dilaté, pas douloureux à la pression ni pendant l'exploration. Stase stomacale marquée et présence de liquides stomacaux dans l'estomac longtemps après le repas.

Rien à signaler du côté du foie qui paraît cependant dépasser légèrement les fausses côtes, mais qui n'est ni sensible ni douloureux. Pas de coliques, quelques crises de diarrhée, surtout après un long séjour à l'atelier. Les selles ont alors une forte odeur d'alcool amylique.

Rien à signaler du côté de l'appareil respiratoire, ni des voies respiratoires supérieures. Pas d'enrouement, ni de rougeur du pharynx.

Pas de troubles nerveux.

L'appareil urinaire paraît très sain et l'élimination chez ce malade se fait bien ; on retrouve, par le réactif de Jorissen, de l'alcool amylique dans les urines.

IV. *Observation personnelle et inédite.* — Nous avons eu nous-même l'occasion d'observer un cas analogue d'intoxication par les vapeurs d'alcool-éther.

M. G. L., âgé de 36 ans, ingénieur-chimiste au Laboratoire des fraudes du Ministère de l'Agriculture, et dont le travail consiste à analyser et à doser des vins suspects, se sert continuellement

Digitized by Google

pour ses réactions, d'un mélange à parties égales d'alcool et d'éther. Il est, en particulier, obligé de filtrer très fréquemment cette liqueur et, pendant cette opération, il se dégage une telle quantité de vapeurs que, dit-il, même toutes fenêtres ouvertes, le laboratoire empoisonne l'éther.

M. X., qui a toujours été très sobre et qui n'a jamais été malade, a présenté, quelques mois après son entrée dans le Laboratoire, des troubles consistant surtout en céphalée, lassitude, fatigue générale. Ces symptômes ont augmenté d'intensité depuis quelque temps et, actuellement, M. X. présente, de plus, une sensation de cuisson dans la région stomacale, de la diarrhée, des vertiges, un léger tremblement des mains, etc. M. X. a remarqué lui-même que ces troubles disparaissent très rapidement lorsqu'il reste une journée sans aller à son laboratoire ; ils sont, au contraire, très accentués vers la fin de la semaine, lorsqu'il a travaillé régulièrement pendant plusieurs jours.

M. X. a également signalé que certains de ses collègues, qui manipulent de l'acool amylique, sont obligés de quitter fréquemment, pour cause de malaises passagers, leur travail.

V. *Cas mortel : Observation du Dr Eyquem.* — Voici, d'autre part, la relation d'un cas mortel d'intoxication par les vapeurs d'alcool, survenu à Saint-Médard, et rapporté par le Dr Eyquem : « Le brigadier Campan est tombé malade le 6 juillet dernier, il est mort le 6 août. Il était âgé de 45 ans. C'était un homme très bien constitué, très fortement musclé, qui n'avait jamais été malade et était d'une sobriété reconnue.

» Les troubles qu'il a présentés pendant sa maladie ont affecté surtout les organes digestifs, le système nerveux, et consécutivement le foie. Du côté des organes digestifs il y a eu, dès le début, des douleurs gastriques avec sensation de brûlure à l'estomac et vomissements fréquents.

» Les matières vomies étaient des mucosités noirâtres et filantes, les selles contenaient les mêmes matières et exhalaient la même odeur.

» Depuis quelque temps, Campan ne mangeait plus, il trouvait que tout sentait mauvais et que tout avait mauvais goût. Lorsqu'il est tombé malade, il était déjà très anémié et très déprimé.

Digitized by Google

» Du côté du système nerveux, Campan se plaignait de douleurs de tête violentes et de vertiges, il présentait aussi un affaiblissement manifeste des facultés intellectuelles, sa mémoire était diminuée, il avait des troubles de la vue et, dans les derniers jours, des hallucinations. La moelle épinière n'était pas moins atteinte que le cerveau : il avait un tremblement général de tous les membres, à tel point que, dans les dernières semaines de sa vie, non seulement la marche, mais la station debout était devenue impossible.

» Le foie a notablement augmenté de volume pendant sa maladie, le teint était nettement devenu ictérique, et les urines contenaient une grande quantité d'urobiline, témoignage de l'insuffisance de cet organe.

» Le cœur, les poumons, les reins ne présentent rien d'anormal.

» Ces symptômes sont ceux qu'on observe chez tous les ouvriers intoxiqués, et il n'est pas douteux qu'à un degré de plus, ils auraient pu être mortels pour d'autres aussi. Chez Campan, ils se sont manifestés avec plus d'intensité parce qu'ils ont trouvé chez lui un terrain plus favorable. Campan avait déjà été intoxiqué une première fois, il y a trois ans, et guéri de cette première atteinte; il avait repris son poste, et, subissant cette fois l'action plus délétère de l'alcool amylique, il avait été atteint plus profondément et n'avait consenti à se plaindre que lorsqu'il avait déjà dépassé les limites de sa résistance.

» Sans aucun doute, Campan est mort des suites d'une intoxication prolongée par les vapeurs d'alcool auxquelles il était exposé. »

VI. *Cas mortel survenu au Ripault.* — Tout récemment enfin, on a eu à déplorer, à la poudrerie du Ripault, un décès causé par les vapeurs d'éther. Ayant aussitôt demandé des renseignements sur ce cas mortel au médecin de la poudrerie, celui-ci nous a répondu par la lettre suivante :

« Je regrette de ne pouvoir vous fournir des renseignements intéressants au sujet de l'accident qui s'est produit dernièrement au Ripault. L'ouvrier victime de cet accident, étant de service de nuit, a été surpris par un fort dégagement d'éther; il a perdu connaissance et il est resté dans une atmosphère surchargée de vapeurs

Digitized by Google

pendant 3 ou 4 heures environ. Je n'ai pu, à mon arrivée, que constater le décès causé par une éthérisation prolongée. Il n'y a que l'autopsie qui aurait pu donner des indications précises au point de vue de l'action de l'éther sur l'organisme, mais elle n'a pas été faite.

» 22 décembre 1911. Dr Delaunay. »

En présence du peu de renseignements recueillis, il est donc impossible de tirer aucune conclusion de ce décès.

Tous les symptômes que nous venons de décrire pourraient aussi bien s'adresser aux buveurs, alcooliques chroniques par ingestion d'alcool, qu'aux ouvriers des poudreries qui présentent les mêmes signes d'alcoolisme chronique contractés par inhalation de vapeurs alcooliques. *Il est évidemment difficile de faire la part, chez ces ouvriers, des troubles qui sont dus à l'ingestion ou à l'inhalation de la substance toxique.* Cependant Robert, dans sa thèse, fait remarquer que, dès qu'un ouvrier joint, à l'alcool qu'il absorbe en vapeurs, de l'alcool sous forme de liquide, *il présente des accidents que ne calme pas le traitement ordinaire.* Les buveurs sont toujours très gravement atteints dès les premiers jours; s'ils perdent totalement l'appétit, ils ont au contraire une soif que rien ne peut éteindre, et c'est par de nouvelles liqueurs alcooliques qu'ils tentent le plus souvent à la calmer. Les troubles chez eux sont plus accusés et plus précipités. Aussi, les voit-on souvent interrompre leur travail et, alors que dès que l'intoxiqué par les vapeurs se remet rapidement par le simple éloignement de la cause de son mal, l'autre, au contraire, présente toujours les mêmes symptômes, en particulier de la pituite et du tremblement très accusé.

B. — Vapeurs toxiques et corrosives.

Ce sont : soit des vapeurs complexes dégagées dans la fabrication de la mélinite et de la crésylite, soit des hydrocarbures nitrés tels que le dinitrotoluène, soit enfin et surtout des vapeurs nitreuses.

Digitized by Google

Tandis que les intoxications par les vapeurs nitreuses déterminent, ainsi que nous le verrons, des symptômes constants et réalisent un tableau clinique pour ainsi dire schématique, il n'en est pas de même des vapeurs de dinitrotoluène, et, bien que les intoxications mortelles par ces vapeurs soient extrêmement rares, elles ont donné lieu, chaque fois, à des difficultés d'interprétation telles, que la cause exacte de la mort des ouvriers intoxiqués n'a pu être établie avec précision.

1° Vapeurs complexes dégagées dans la fabrication de la mélinite et de la crésylite.

Nous avons étudié, dans un Chapitre précédent, les accidents causés par la manipulation de la mélinite ou de la crésylite à l'état sec (poussières). Des accidents peuvent également se produire pendant la fabrication de ces produits. Ils sont dus alors à un dégagement de gaz complexes : mélange de vapeurs nitreuses, peut-être de traces d'acide picrique et de faibles quantités d'oxyde de carbone, et parfois d'acide cyanhydrique.

Lewin rapporte l'observation suivante où cette intoxication fut mortelle :

« Un ouvrier, occupé à la fabrication de la mélinite, mélangeait du phénol avec de l'acide azotique pour produire de l'acide picrique; il tomba malade. Il fut atteint de douleurs lancinantes aux yeux, et de toux avec accès de suffocation de 10 minutes de durée. Les lèvres étaient cyanosées ; la respiration s'accéléra (56 par minute), le pouls devint misérable, la poitrine était pleine de râles. Il survint de la broncho-pneumonie à laquelle le malade succomba. Les mains étaient colorées en jaune. L'urine contenait de l'acide picrique déjà du vivant du malade et cet acide fut retrouvé à l'autopsie dans le foie ; de plus, néphrite parenchymateuse ».

Regnault et Sarles, de Marseille, ont publié également un cas mortel d'intoxication par ce mélange de vapeurs. Voici cette observation, ainsi que les résultats des analyses chimiques qui furent pratiquées :

M. X..., ouvrier à la Poudrerie de Saint-Chamas, âgé de 30 ans, entra salle Saint-Joseph, n° 8, le 23 décembre 1889.

Digitized by Google

Depuis avril 1888, il travaillait à la fabrication de la mélinite; jusqu'en mai 1889, il n'éprouva pas d'accident. Mais, à cette époque, il se mit à travailler à la *nouvelle méthode*, et, en octobre 1889, il commença à éprouver les premiers symptômes sérieux. Déjà, il avait eu des picotements aux yeux, de la conjonctivite, de l'inappétence ; puis les symptômes s'aggravèrent : il éprouva des accès de toux d'abord espacés et qui devinrent de plus en plus fréquents, mais sans hémoptysie, alors que ces symptômes se seraient produits chez plusieurs de ses compagnons. En même temps se produisait une anémie profonde, marquée par la pâleur et une grande faiblesse. Il persista néanmoins à travailler, mais le mal empira, et, vers le milieu de novembre, il fut obligé de s'arrêter. Il traîna chez lui quelque temps, puis il entra à l'hôpital.

Voici les renseignements que l'interrogatoire et l'examen du malade ont fournis à cette époque :

Bien que le plus grand mystère plane sur la fabrication de la mélinite, il est certains détails que tout le monde connaît et qu'on nous permettra de retracer ici.

Le malade versait de l'acide phénique sur de l'acide nitrique pour produire de l'acide picrique. C'est la méthode classique ou plutôt la méthode antique, car on a pris depuis, dans l'industrie, des précautions pour éviter aux ouvriers des accidents que nous allons signaler. Il se dégage, en effet, dans cette préparation, une grande quantité de vapeurs nitreuses. Il est probable, de plus, que la température de l'opération s'élève suffisamment pour qu'une certaine quantité d'acide picrique se transforme en vapeurs qui viennent s'ajouter aux vapeurs nitreuses. Ces vapeurs étaient redoutées des ouvriers ; elles s'échappaient aux alentours : « les voisins en avaient peur ». Parmi les ouvriers de la poudrerie, ce sont ceux de cette partie et ceux-là seuls qui sont atteints. En faveur de son dire, il y a du reste les mains, la face et les cheveux jaunis par l'acide picrique de cette couleur caractéristique et que connaissent bien tous les histologistes.

Il est entré à l'hôpital pour des accès d'étouffement et des quintes de toux.

Les accès de dyspnée durent chacun une dizaine de minutes, le malade étouffe, il a les lèvres violacées; on peut compter jusqu'à 56 respirations à la minute.

Digitized by Google

Pendant la crise, le pouls est petit, faible, misérable, difficile à compter; néanmoins, on n'a pas plus de 65 pulsations à la minute.

A l'auscultation, râles nombreux, sibilants et ronflants surtout à la base; ils diminuent, mais ne disparaissent pas en dehors des accès.

Les accès se renouvellent avec des intervalles de 30 minutes à 45 minutes de repos; ils sont faibles, fréquents le soir et dans la nuit; plus espacés et moins forts le matin. Cet accès a une certaine analogie avec l'asthme, mais il en diffère : 1° par la fréquence des respirations; 2° en ce que l'inspiration n'est pas brève et plus courte que l'expiration : celle-ci n'est pas prolongée. Les crises ne sont pas exclusivement nocturnes, elles ne se terminent pas par une expectoration glaireuse. Le malade ne lutte pas avec l'énergie de l'asthmatique, il repose sur ses coussins; néanmoins ses muscles sterno-mastoïdiens se contractent énergiquement. La toux est fréquente, par petites quintes généralement peu fortes, sans expectoration. Mais quelquefois les quintes augmentent, deviennent de plus en plus intenses, asphyxiantes, entrecoupées d'inspirations brèves.

Le malade n'a pas de fièvre. Anorexie, mais sans vomissements. Rien au cœur, au foie et à la rate.

Aucun symptôme nerveux, ni cardiaque.

Le malade allait empirant.

Le 30 *décembre.* — Les accès étaient subintrants, espacés tout au plus de 2 à 4 minutes, d'un repos relatif; le moindre mouvement, la parole en hâtait le retour.

3 *janvier* 1890. — Le malade a de l'enrouement, se plaint de mal de gorge; celle-ci est rouge. A l'auscultation, aux deux bases, mais surtout à droite, râles entrecoupés de sibilants; pas de fièvre, 36°, 5.

4 *janvier.* — Râles très nombreux à la base droite. Dyspnée intense, abattement. Le malade évite de parler. Les lèvres sont violacées, les yeux congestionnés, le malade rend des crachats roses, écumeux.

Le foie est hypertrophié de quatre travers de doigt au-dessous des dernières côtes, signe qui n'apparaissait pas au début.

Rien à la rate.

Le soir, délire tranquille. On ordonne des ballons d'oxygène.

Digitized by Google

6 *janvier*. — Le malade s'affaiblit beaucoup. Il ne peut plus expectorer.

Mort le 9 janvier.

La mort est due à une complication : grippe avec pneumonie ; c'est le seul cas de mort chez un méliniteux relaté à Marseille. Tous les autres avaient guéri par le repos.

A l'autopsie :

Foie muscade, pèse 1850ᵍ.

Rate, pèse 22ᵍ, dure, consistante.

Les reins sont congestionnés, rouges, facilement décorticables, sans étoiles de Verheyen. Les substances corticales et médullaires paraissent normales.

Poumons : à droite, le lobe inférieur est congestionné ; à gauche, le tiers du lobe supérieur est en hépatisation rouge, le reste parfaitement congestionné.

Le cœur est normal, mais l'aorte est congestionnée et présente de nombreuses plaques gélatineuses. Les autres artères, telles que la fémorale et la tibiale postérieure, ont une endartère très rouge et congestionnée.

Au cerveau, la dure-mère est congestionnée, mais le cerveau lui-même est normal.

La muqueuse de l'estomac et du gros intestin est rosée, il y a un tænia.

A l'intestin grêle, les valvules conniventes sont jaunes.

Examen histologique. — Foie cardiaque au premier degré, dilatation des capillaires autour de la veine sus-hépatique ; ils regorgent de globules sanguins.

A l'intestin, les villosités et les glandes subsistent normales ; les vaisseaux sanguins ne sont pas dilatés.

Au poumon, une coupe des parties malades montre de la broncho-pneumonie au début.

La rate est normale.

Aux reins, les vaisseaux sont dilatés, pleins de globules sanguins ; les tubes excréteurs sont, en plusieurs points, obstrués de cylindres hyalins ; il y a hyperplexie conjonctive et néphrite aiguë à prédominance interstitielle.

En résumé, sauf la néphrite, ces lésions ne peuvent être rap-

Digitized by Google

portées à l'intoxication, mais aussi bien à la maladie intercurrente la grippe, qui a amené l'issue fatale.

Analyse des urines. — Première analyse du 25 décembre 1889 :

Volume en 24 heures.....	1l,100
Couleur.....	jaune foncé
Odeur.....	forte
Réaction.....	acide
Densité.....	1,024

Recherche toxique. — De peur que la chaleur n'altère les réactions, nous n'avons pas suivi les procédés ordinaires. Nous avons préféré aciduler les urines par l'acide sulfurique et les additionner d'alcool amylique. Après agitation et repos, nous avons décanté l'alcool, dont le résidu, après évaporation, a été repris par l'eau. Cette solution aqueuse nous a permis de constater toutes les réactions de l'acide picrique. Nous avons, notamment, obtenu la coloration jaune de la laine et la coloration rouge intense de l'acide picrocyanique; nous avons de même obtenu le précipité vert cristallin de picrate de cuivre ammoniacal, réaction caractéristique de l'acide picrique.

Deuxième analyse du 2 janvier 1890. — L'état du malade ne permettant pas de recueillir la totalité des urines dans les 24 heures, nous avons dû nous contenter de faire la recherche du toxique, recherche qui ne donna aucun résultat, bien que tous les procédés aient été employés pour déceler l'acide picrique.

Recherche de l'acide picrique après l'autopsie, dans le sang et le foie. — Le foie fut divisé en très petits morceaux, mélangé au sang et le tout fut traité quelques instants à l'ébullition par de l'alcool additionné d'acide chlorhydrique, ce qui est le procédé habituel de recherche de l'acide picrique. Après filtration, le liquide fut évaporé au bain-marie, à consistance sirupeuse, puis traité par l'eau. Cette solution nous a donné les mêmes réactions que nous avons citées pour la recherche dans les urines, réactions caractéristiques de l'acide picrique.

Les auteurs attribuent cette intoxication à la mélinite et lui donnent le nom de *bronchite méliniteuse*. Il est difficile, en

Digitized by Google

l'espèce, de faire la part de l'intoxication par l'acide picrique et par les vapeurs nitreuses, il est cependant probable que ce sont plutôt ces dernières qui ont été la cause de la mort.

2° Dinitroluène et hydrocarbures nitrés.

Les hydrocarbures nitrés, et, en particulier, le dinitrotoluène déterminent chez les ouvriers des accidents complexes.

Dans les cas les plus nets où l'action du dinitrotoluène est surtout prépondérante, le Dr Champy, de la Poudrerie de Vonges, a fait un certain nombre de constatations très intéressantes sur l'apparition et l'évolution des accidents.

1° Les ouvriers les plus fréquemment atteints sont en général les jeunes gens travaillant depuis peu dans la poudrerie;

2° La plupart de ces ouvriers sont des alcooliques ;

3° Enfin, c'est surtout l'été au cours des mois de juillet et août, *en particulier par les temps d'orage*, que ces accidents sont les plus fréquents, les vapeurs de dinitrotoluène étant d'autant plus abondantes que la température est plus élevée.

Ces remarques du Dr Champy sont absolument conformes aux données qu'on possède actuellement sur l'intoxication par les vapeurs de dinitrotoluène.

Ce produit peut être absorbé par l'organisme, soit directement à l'état de vapeurs inhalées, soit indirectement par contact avec les téguments.

Les gaz produisent leur maximum d'action sur les sujets qui n'ont jamais respiré de vapeurs de dinitrotoluène; il se produit, en effet, une accoutumance rapide qui permet aux travailleurs d'en supporter ensuite des doses relativement élevées sans être incommodés.

Il est important de noter que *l'alcool*, enfin, joue, vis-à-vis du dinitrotoluène, *un rôle toxique capital :* l'alcool facilite en effet la diffusion du dinitrotoluène dans l'organisme. Si l'on fait respirer des vapeurs de dinitrotoluène à un individu exempt de toute imprégnation alcoolique, les accidents n'apparaissent en général que 2 ou 3 heures après l'absorption du toxique. Si, au contraire, on répète la même expérience chez un alcoolique chro-

Digitized by Google

nique, les accidents apparaissent très rapidement, 10 à 15 minutes après l'absorption.

Toute l'étiologie des accidents est dominée, en somme, par deux notions : ils surviennent surtout l'été et presque toujours chez des alcooliques.

Les vapeurs de dinitrotoluène agissent sur l'organisme en tant que vapeurs toxiques, et, comme les vapeurs d'alcool et d'éther, elles paraissent avoir une prédilection marquée pour le système nerveux ; elles possèdent, de plus, comme les vapeurs nitreuses, une action toxique sur le sang.

Le Dr Champy a, en effet, constaté fréquemment des symptômes rappelant l'ivresse : vertiges, incoordination motrice, faiblesse musculaire, quelques hallucinations et, d'autre part, des signes évidents d'anémie avec diminution du taux de l'hémoglobine et de la valeur globulaire.

Les mêmes constatations ont été faites à la Société universelle d'explosifs chez les ouvrières travaillant à la fabrication des cartouches.

Ce sont les mêmes accidents qui ont été signalés également dans l'industrie.

L'action des vapeurs de dinitrotoluène peut être différente selon que l'intoxication a été rapide et de courte durée ou, au contraire, légère mais prolongée.

Les ouvriers qui débutent dans la manipulation du dinitrotoluène accusent quelquefois, dès le premier ou le deuxième jour, des troubles consistant surtout en une céphalée orbitaire, gravative, compliquée parfois de nausées et de vomissements.

Cet état de malaise est quelquefois si pénible qu'ils sont obligés d'abandonner définitivement leur travail. Ces faits, relativement fréquents dans l'industrie, n'ont jamais été signalés dans les poudreries. Ces malaises se dissipent en général et, après une ou deux semaines d'accoutumance, cessent complètement pour ne réapparaître qu'accidentellement à l'occasion d'un travail forcé, d'un dégagement anormal de vapeurs toxiques et surtout pendant les chaleurs de l'été.

A l'occasion d'une de ces conditions anormales, l'ouvrier ressent des vertiges qui disparaissent en général lorsqu'il va au grand air. Quelquefois ces vertiges sont suivis d'une perte de connaissance ;

Digitized by Google

beaucoup plus souvent l'ouvrier éprouve une sensation de torpeur: il est comme un homme ivre, hébété, il a la face congestionnée, il vacille, chancelle, bégaye quelques mots sans suite. Tout son habitus extérieur rappelle l'individu en état d'ivresse.

Après un séjour de quelques heures au grand air, l'intelligence réapparaît, le malade sort en général de cette crise, conservant seulement un sentiment de fatigue générale avec un irrésistible besoin de sommeil.

A côté de ces symptômes les plus communément observés, il existe des formes plus rares où les accidents peuvent être plus sérieux. C'est ainsi que, dans les cas d'intoxication aiguë répétée, il peut survenir de véritables convulsions épileptiformes avec spasmes tétaniques de la région cervicale postérieure, alternant avec des accès de délire ou de tremblement généralisé. Les mouvements respiratoires sont irréguliers, la peau est froide, le visage pâle; les pupilles, rétrécies au début des accidents, se dilatent ensuite : les battements du cœur deviennent plus fréquents. Cet état alarmant peut durer quelques heures; il se termine le plus souvent par la guérison, mais il peut également entraîner la mort.

Le Dr Champy a signalé l'existence de névrites du sciatique poplité externe ; il a noté quelquefois des paralysies avec anesthésie des membres atteints. Les ouvriers et surtout les ouvrières peuvent enfin, sans avoir jamais présenté d'accidents aigus, ressentir les atteintes des vapeurs toxiques. Il s'établit alors une véritable chloro-anémie avec état gastro-intestinal caractérisé surtout par de la constipation. Leur teint devient bleu grisâtre, et cette couleur spéciale peut s'étendre aux doigts et aux orteils, les yeux sont boursouflés. Le sang est de couleur brun chocolat, d'aspect goudronné ; on ne trouve pas d'altération microscopique, mais, à l'examen spectroscopique, on constate la présence de méthémoglobine.

Le plus souvent, les accidents aigus cessent après un séjour plus ou moins long au grand air, et, chez les ouvriers accoutumés depuis longtemps à ce travail, un séjour de 2 à 3 heures au dehors suffit pour les ramener à l'état normal.

La mort est beaucoup plus rarement la terminaison de ces accidents. Elle peut survenir en 2 à 3 heures; quelquefois elle

Digitized by Google

n'apparaît qu'au bout de 24 heures, après une période intermédiaire de rémission.

Dans les cas d'intoxications successives, on note fréquemment des troubles respiratoires; la dyspnée serait même un symptôme constant chez les buveurs.

3° Vapeurs nitreuses.

De toutes les vapeurs que les ouvriers sont appelés à respirer, les vapeurs nitreuses sont celles qui causent les accidents les plus fréquents et les plus graves. Il résulte, en effet, des rapports qui nous ont été communiqués ainsi que des renseignements que nous avons recueillis sur place dans les poudreries, que l'action de ces vapeurs a causé deux décès au Moulin-Blanc. Un autre décès, survenu à Vonges et attribué à la même intoxication, fera l'objet d'une discussion spéciale; la cause de la mort n'ayant pu, ainsi que nous le verrons, être nettement établie.

I. — *Renseignements recueillis dans les poudreries.*

a. Analyse de l'air. — L'air des ateliers où se font les nitrations contient, en dehors de tout dégagement anormal de gaz, une certaine quantité de vapeurs nitreuses. Les ingénieurs du Moulin-Blanc et d'Angoulême ont bien voulu, à notre demande, faire des prélèvements d'air aux fins d'analyse. Voici les résultats obtenus au Moulin-Blanc, par exemple :

Dosage des vapeurs nitreuses contenues dans l'air des ateliers de trempage.
(Volume des échantillons prélevés : 100 à 150 litres.)

	Lieu du prélèvement de l'échantillon.	Teneur en NO^2 par mètre cube d'air.
		mg cm³
Fabrication en turbines Selwig.	Au-dessus de la turbine n° 3.....	48,1 ou 25
	Au-dessus de la turbine n° 9.....	37,4 » 19
Fabrication en auges et pots.	Plateforme du service des auges :	
	Au milieu de la rangée droite.....	159 » 77
	Au milieu de la rangée gauche.....	126 » 61
	Au-dessus de turbine n° 4.....	88 » 43
	Au milieu de l'atelier de turbinage, près des wagonnets portant des pots.....	104 » 51

Digitized by Google

Cette quantité de vapeurs est très faible et n'est évidemment pas toxique, puisque les ouvriers travaillent régulièrement dans les ateliers sans que les médecins aient jamais signalé d'accidents parmi eux.

C'est donc seulement lorsqu'il se produit un arrêt des appareils de ventilation, une rupture de conduite en grès, une prise en feu de pots à réaction, que le dégagement de vapeurs devient tout à coup énorme et que des accidents peuvent se produire.

b. Composition des vapeurs nitreuses. — Les vapeurs nitreuses que les ouvriers sont appelés à respirer contiennent différents gaz, variables selon la nature des fabrications effectuées dans les ateliers.

Dans les ateliers à coton-poudre, les vapeurs sont presque exclusivement composées de peroxyde d'azote NO^2. On trouve cependant de faibles quantités d'autres gaz : acide nitrique, protoxyde d'azote et, surtout, oxyde de carbone.

Dans les ateliers de fabrication de la crésylite, les vapeurs pourraient renfermer, en outre, des traces d'acide cyanhydrique. Dans des analyses faites à Vonges, sur des vapeurs prélevées dans des appareils de fabrication complètement clos (et non dans l'atmosphère des ateliers), on a trouvé, en effet, 1,5 pour 100 d'acide cyanhydrique, 5,4 pour 100 d'oxyde de carbone et 15 pour 100 d'acide carbonique.

c. Étude des rapports médicaux. — Les médecins des poudreries ont indiqué certaines causes, susceptibles de favoriser l'intoxication de l'organisme par les vapeurs nitreuses. Ils ont remarqué que, par les temps humides, les vapeurs nitreuses, en s'éliminant mal dans l'atmosphère et en se combinant à la vapeur d'eau en suspension dans l'air, étaient une source fréquente de petits accidents.

Ils ont signalé également l'état de faiblesse générale dans lequel se trouvent la plupart des ouvriers travaillant depuis longtemps dans ces ateliers.

L'âge avancé, les tares pathologiques que présentent certains ouvriers (tuberculose, alcoolisme surtout, etc.) influent naturellement sur l'apparition et l'évolution des accidents.

Digitized by Google

d. Étude des cas d'intoxication constatés dans les poudreries.

1° *Cas mortels.* — Deux cas mortels ont été observés au Moulin-Blanc, au cours de l'année 1907. En voici l'histoire.

Il s'agit des ouvriers Le Gall et Le Guern.

Nous n'avons que peu de renseignements sur les symptômes présentés par Le Guern. Le médecin fut appelé trop tard et ne put que constater le décès. Par contre, le Dr Normand, ayant examiné Le Gall avant sa mort et ayant consigné dans un rapport les symptômes qu'il avait observés, nous allons pouvoir reconstituer complètement l'histoire de cette intoxication.

Le nommé Le Gall, François, ouvrier à la Poudrerie du Moulin-Blanc, depuis le 15 juin 1887, était occupé, le 3 avril 1907, dans la soirée, en compagnie de Le Guern, aux opérations du trempage en auges du coton-poudre. Au cours de cette opération, 8 pots à réaction prirent feu dans l'atelier, dans l'ordre suivant : 1 pot à 7^h30^m; 3 pots à 9^h; 4 pots à 10^h30^m. Il se produisit aussitôt un dégagement considérable de vapeurs acides. Malgré la consigne de la Poudrerie et malgré les injonctions du chef d'atelier, Le Gall et Le Guern qui, depuis longtemps, avaient assisté à des prises en feu de pots, ne quittèrent pas immédiatement l'atelier.

Bien qu'aveuglés par les vapeurs rouges, ils y restèrent chaque fois un temps assez long, évalué par les témoins à 5 à 10 minutes et même 15 minutes, lors de la prise en feu. Ils absorbèrent ainsi une forte dose de vapeurs nitreuses. Comme le chef d'atelier les invitait à sortir immédiatement, ils lui répondirent : « Il n'y a pas urgence, nous en avons vu bien d'autres, nous sortirons en temps voulu... »

A minuit et demi, les ouvriers quittèrent l'usine, et un camarade, qui accompagna Le Guern pendant une partie du trajet effectué à pied, déclare que ce dernier ne se plaignait de rien.

Le lendemain matin à $7^h,30$ l'état de Le Gall s'étant aggravé, on fit appeler le Dr Normand, qui se rendit auprès de lui à 8^h du matin, et qui consigna le résultat de son examen dans le rapport ci-dessous:

« Le malade présentait une dyspnée violente, entrecoupée de quintes de toux donnant issue à de crachats mousseux adhérents au vase, et si chargés de sang, qu'à la première inspection du

Digitized by Google

crachoir, on pouvait penser à une véritable hémoptysie. Le pouls était fuyant, rapide, le visage anxieux et les yeux sans expression. La connaissance était pourtant complète et le malade répondait aux questions posées. L'urine était peu abondante et de couleur rougeâtre. La respiration, le pouls, l'expression du visage indiquaient, à première vue, un homme en imminence d'asphyxie.

A l'auscultation, je constatai : 1° de la submatité de toute la région pulmonaire ; 2° une respiration diminuée dans presque toute la zone d'auscultation, remplacée dans certains endroits par du souffle doux et des râles sous-crépitants aux deux temps de la respiration ; 3° des râles crépitants aux deux sommets.

En présence de ces symptômes, je conclus à une congestion pulmonaire double avec œdème des sommets, consécutive à l'absorption de vapeurs irritantes, fait que n'avait pas révélé l'interrogatoire. Dans le cas d'une congestion aussi violente, reconnaissant pour cause l'alcool ou le froid ou bien les deux causes réunies, des manifestations cérébrales (délire, coma) n'auraient pas manqué de se produire et même de dépasser en gravité les manifestations pulmonaires. De plus, l'expectoration n'aurait pas eu le caractère nettement sanglant que présentent les crachats consécutifs à l'action directe des vapeurs irritantes sur la muqueuse et le parenchyme pulmonaire.

En présence de l'état précaire du malade je ne crus pas devoir pratiquer une saignée et prescrivis des enveloppements sinapisés du tronc, des boissons abondantes, une potion expectorante et toni-cardiaque, un purgatif salin. A 2^{h} de l'après-midi, on vint me prier de revoir le malade mais, quelques minutes après, on m'annonçait qu'il était mort. »

Le D^{r} Mahéo, de Brest, fut chargé par le Directeur de la Poudrerie du Moulin-Blanc de pratiquer l'autopsie de l'ouvrier Le Gall. Il pratiqua également celle du nommé Le Guern et consigna ses observations dans les deux rapports suivants :

« Je soussigné, docteur en médecine, chargé par M. le Directeur de la Poudrerie du Moulin-Blanc de faire l'autopsie du sieur Le Guern, Jean, ouvrier de ladite poudrerie, habitant rue Saint-Marc, 24, en Lambézellec, à l'effet de déterminer les causes de sa mort, certifie avoir procédé à cette opération aujourd'hui 6 avril 1908.

Digitized by Google

Le Guern, avant sa mort, ayant craché beaucoup de sang, il y a évidemment lieu de rechercher les causes de cette hémoptysie et de déterminer sa localisation.

A l'ouverture de la poitrine, les poumons semblent volumineux, mais leur aspect marbré, gris rosé ordinaire, sans altération notable, tend à démontrer leur intégrité. Ce n'est là qu'une illusion passagère, car, retirés de la cavité thoracique, ces organes changent rapidement de couleur et deviennent d'un rouge sombre. On reconnaît à la coupe qu'ils sont gorgés de sérosité de couleur rouge-acajou clair avec une quantité considérable de très fines bulles de mousse.

A quelque endroit des poumons qu'on fasse une incision, les mêmes phénomènes se reproduisent. Ce sont évidemment là des caractères d'une congestion active de ces organes, dont la fonction s'est peu à peu éteinte, entraînant avec elle la cessation de l'hématose.

Les symptômes observés pendant la vie ont été en rapport avec la violence et l'étendue de l'hypérémie. Poussée à l'extrême, cette congestion pulmonaire s'est terminée par une hémorragie avec hémoptysie et la mort.

Au cœur, vacuité relative du ventricule gauche. En revanche, réplétion du cœur droit et surtout de l'oreillette, ce qui tend à démontrer que le cœur s'est arrêté en diastole.

La muqueuse trachéale et laryngienne présente bien quelques suffusions sanguines, mais sans caractères bien définis.

En dehors d'une plaque d'arborisations vasculaires trouvée sur la muqueuse stomacale, les organes de la déglutition n'offrent à l'observation rien de particulier.

Comme phénomènes pathologiques à signaler en dehors de la congestion pulmonaire, je mentionnerai l'existence de l'anthracose dont les poumons sont atteints en certains points, notamment autour des ramifications bronchiques, au niveau des grosses bronches. Là, la coupe des poumons est marbrée de noir ou de couleur noire uniforme. En ces endroits, point de crépitation. Les doigts qui écrasent le parenchyme sont fortement colorés en noir sépia.

Cette anthracose est-elle physiologique? Je ne le crois pas. Je pense qu'elle est professionnelle, absolument comme celle qu'on

Digitized by Google

trouve chez les mineurs, chez les charbonniers et chez les mouleurs en cuivre, en fonte et en bronze.

Quelle que soit du reste l'origine de cette anthracose, sa découverte n'implique en aucune façon la nécessité d'invoquer sa part d'intervention dans la production de la mort de Le Guern.

Celle-ci doit être exclusivement attribuée à une syncope consécutive à une hémoptysie, due à une hémorragie terminant une congestion pulmonaire active, produite par des inhalations de vapeurs irritantes.

Conclusions. — 1° Le sieur Le Guern était atteint de congestion pulmonaire active.

2° Cette congestion pulmonaire, étant donnés ses caractères pathognomoniques et ceux fournis par l'autopsie, reconnaît, pour cause, l'absorption par Le Guern de vapeurs irritantes.

3° Cette congestion, par son intensité, a donné lieu à une hémorragie qui s'est traduite par une abondante hémoptysie.

4° Cette hémoptysie, en raison de son abondance, a provoqué la syncope et la mort.

5° Ce sinistre résulte-t-il du travail ?

Oui, sans conteste. »

« Le nommé Le Gall, ouvrier de la Poudrerie du Moulin-Blanc, que j'ai dû autopsier à Kerhuon, pour constater les causes du décès, a présenté les mêmes caractères nécropsiques que le sieur Le Guern.

Chez Le Gall, en effet, comme chez son camarade, j'ai trouvé une congestion active, violente des poumons. Ces organes sont volumineux et leur coloration, en dehors de quelques plaques d'hypérémie sur la surface antérieure du lobe supérieur droit, hypérémie due à la poussée congestive, donne le change et fait croire à leur intégrité. Mais bientôt, à la coupe, la coloration change et devient rouge sombre. N'est-ce pas là ce qui a été observé chez Le Guern?

Également gorgés de liquide, les poumons laissent à la coupe s'écouler une quantité considérable de viscosité offrant la même coloration louche, rouge-acajou, rencontrée chez Le Guern, avec un nombre non moins considérable de fines bulles de mousse.

Nous sommes incontestablement en présence d'une congestion

Digitized by Google

active, comme chez Le Guern, avec cette différence que, chez Le Gall, la poussée a été moins vigoureuse, puisqu'elle ne s'est pas accompagnée d'hémorragie. Qu'importe, puisque la congestion a abouti aux mêmes résultats.

Chez Le Gall, comme chez Le Guern, je note la réplétion du cœur droit et la vacuité du cœur gauche.

Mêmes phénomènes pathologiques du côté du larynx, de la trachée, du pharynx et de l'estomac.

L'anthracose, dont j'ai signalé l'existence chez Le Guern, se rencontre également, exactement aux mêmes points, chez Le Gall, d'où je conclus que cette maladie n'est autre qu'une maladie professionnelle, mais n'étant pour rien dans la mort de l'infortuné Le Gall.

Conclusions. — 1° Les mêmes causes ont produit chez Le Guern et chez Le Gall les mêmes effets.

2° Ceux-ci se sont traduits par la congestion active par arrêt des phénomènes chimiques.

3° Cet arrêt des phénomènes chimiques n'a eu d'autre cause que la respiration des gaz autres que l'air atmosphérique.

4° La congestion active qui en est résultée a eu pour conséquence l'asphyxie et la mort.

5° La mort a eu lieu par arrêt du cœur en diastole par cessation de l'action du pneumogastrique.

6° La mort de Le Gall doit-elle être envisagée comme étant survenue pendant le travail et à l'occasion du travail?

Oui.

Signé: Dr Mahéo. »

2° *Cas bénins.* — Les accidents bénins, imputables aux vapeurs nitreuses, sont moins rares. Le Dr Normand, du Moulin-Blanc, signale chez les ouvriers une déchéance générale de l'organisme, qu'il attribue à des lésions pulmonaires ou sanguines; d'autre part, les ouvriers considérant l'alcool comme un contre-poison, en font une consommation immodérée, et ces deux causes associées expliquent la fréquence de la tuberculose chez les ouvriers.

Il résulte des statistiques publiées de 1889 à 1904, que la mortalité par la tuberculose était deux fois plus élevée dans les ateliers où se dégagent des vapeurs nitreuses; mais l'état sanitaire

Digitized by Google

s'est considérablement amélioré depuis l'année 1907, date à laquelle les ateliers ont été transformés et mieux aérés.

Le Dr Lurette, médecin de la poudrerie d'Esquerdes depuis 27 ans, n'a noté, comme accidents imputables aux vapeurs nitreuses, que deux cas de congestion pulmonaire en 1905, et quelques cas de bronchite de très courte durée et sans aucune gravité.

Tels sont les renseignements que nous avons recueillis sur les accidents causés dans les poudreries par les vapeurs nitreuses.

Voici, maintenant, quelques observations recueillies dans la littérature médicale.

Il est à remarquer d'ailleurs que, dans l'industrie, ces cas d'intoxication deviennent de plus en plus rares, grâce aux mesures d'hygiène qui ont été prises.

II. — *Intoxications constatées en dehors des poudreries.*

a. Cas de Cherrier, 9 *juillet* 1822. — L'intoxication fut provoquée par la rupture d'une bonbonne contenant 40l d'acide azotique. Ce cas est remarquable, par cette circonstance spéciale, que le jeune homme qui en a été victime provoqua lui-même le dégagement des vapeurs du peroxyde d'azote, en recueillant dans une chaudière de fer l'acide nitrique resté dans la bonbonne.

La victime de l'accident continue, malgré une toux violente, son travail et mange aux heures accoutumées.

Vers 2h, espérant pouvoir diminuer l'oppression qu'il ressentait, il fait une course à pied, mais il est obligé de revenir chez lui en voiture. A son arrivée, il se met au lit.

A 11h du soir, Cherrier est appelé auprès du malade : « Je le trouvai assis sur son lit et la tête soutenue par des oreillers ; le visage décoloré, le pouls élevé, la peau n'avait pas augmenté sensiblement de chaleur, la respiration était très difficile et le malade était obligé de se tenir sur son séant. Il avait des râles muqueux, une toux fréquente, il expectorait difficilement une mousse colorée en jaune orange. »

Le médecin ordonne une émulsion simple, des sinapismes, un lavement émollient qui lui procure une selle de couleur ordinaire.

A 4h le lendemain matin, le mieux cesse, la suffocation conti-

Digitized by Google

nue ; le pouls est dur et plein, on lui fait une saignée et on lui retire un sang noir et foncé qui se colle aux parois du vase et ne se laisse pas séparer du sérum.

A 11^h, une nouvelle saignée.

A 5^h, une troisième.

Le malade avait craché des glaires jaunes.

A 11^h du soir, le malade, qui avait conservé toute sa connaissance, ne pouvait plus articuler une parole.

A 7^h du matin, il était mort. Survie : 21 heures.

La nécropsie, faite 30 heures après la mort, montre de l'emphysème du côté droit de la poitrine et du côté gauche du poumon.

La verge et les testicules sont injectés et présentent une couleur livide ; les ongles des doigts, les mains et les pieds sont violets. On constate l'adhérence intime des deux plèvres. Le poumon n'offre de crépitation dans aucun de ses points ; il est gorgé, dans toutes ses parties, d'une grande quantité de sang noir et liquide. Le cœur a un volume considérable et est rempli également de sang noir et liquide.

L'estomac est énormément distendu par des gaz, dont l'acidité est telle que la virole en argent du scalpel qu'on y introduit devient noir foncé.

Les intestins sont de couleur rosée, sans ulcérations. Les reins n'offrent rien de particulier, pas plus que la vessie.

b. Cas de Gerdy, 1847. — Rapporté par Chevallier et Boys de Loury, dans une enquête qu'ils entreprirent pour recueillir les cas d'intoxication chez les décapeurs, industriels, fondeurs, estampeurs et bijoutiers.

Dans cette observation, il s'agit d'un homme qui, après une forte inspiration de gaz nitreux, fut, tout à coup, pris d'une difficulté extrême pour respirer et d'une violente constriction de la gorge ; la dyspnée était telle qu'elle faisait faire au malade des mouvements désordonnés ; l'administration de vomitifs parut calmer les symptômes les plus alarmants.

Plusieurs heures après, le malade ressentait encore une légère constriction de la gorge, une légère dyspnée, des douleurs de tête et surtout une sensation de brûlure à l'estomac.

Puis, la parole, dont le malade ne faisait plus usage depuis le

Digitized by Google

commencement de la crise, lui revint ; il n'eut pas de déjections alvines ; le pouls était accéléré ; enfin, conclut Gerdy, les accidents paraissaient dépendre plutôt du système nerveux que d'une affection inflammatoire.

On avait fait prendre au malade des émollients, des lavements antispasmodiques avec camphre et *assa fœtida*. Au bout de trois jours, le malade ne ressentait plus aucune souffrance.

c. Cas de Tardieu, 28 *décembre* 1891. — 1re Observation : Un homme, Alexandre L..., employé au nettoyage d'une chambre de plomb, à l'usine Maletra, de Saint-Denis, entre le 20 octobre 1864 à l'Hôtel-Dieu de Saint-Denis, après avoir éprouvé, au cours de son travail, des accidents d'intoxication ; les symptômes que décrit M. Leroy des Barres, dans le service duquel cet homme avait été admis, sont les suivants : « A 3h, anxiété extrême, extrémités froides, face et lèvres violacées, yeux injectés, respiration très difficile, dyspnée comme dans un violent accès d'asthme, toux fréquente sans expectoration, quoiqu'on entende de nombreux râles muqueux dans les bronches ; un peu de matité en arrière de la poitrine, pouls lent, dur ; ventre tendu, pas d'émission d'urine dans la journée, connaissance parfaite ; ce qui permet à cet ouvrier de dire qu'ayant été chargé de nettoyer, avec d'autres camarades, une chambre de plomb, il avait été en proie à une grande suffocation immédiatement après son entrée dans la chambre; qu'il en était sorti, puis était rentré à plusieurs reprises, éprouvant chaque fois les mêmes accidents; que, vers 5h 30m, lorsqu'il était rentré chez lui, il était très souffrant, mais qu'il espérait que cela ne serait rien ; que pendant la nuit, les accidents avaient augmenté et que, dans la matinée, un médecin, appelé, l'avait fait entrer à l'hôpital. »

Dès son arrivée, on a fait au malade une saignée au bras, mais le sang n'a coulé qu'avec difficulté, tant il était épais et noir. Des sinapismes, une nouvelle saignée, des compresses d'eau sédative restent sans résultat, et le malade meurt entre 6h et 7h du matin, après une cruelle agonie. Survie de 16 heures à 17 heures.

2e Observation : M..., 30 ans. Entre à l'hôpital à 5h 30m, après avoir travaillé toute la journée à la fabrique, en disant à sa femme qu'il était très souffrant. Il raconte qu'étant entré dans une

Digitized by Google

chambre de plomb, il avait perdu haleine et avait été obligé d'abandonner son ouvrage plusieurs fois et de sortir pour respirer en dehors de la chambre.

Depuis ce moment, il fut très malade ; pendant la nuit, il est suffoqué, tousse incessamment et ne peut rester couché. Dans la matinée du lendemain, un médecin, appelé, avait constaté l'état grave du malade qui n'avait plus de pouls et était froid. La suffocation fait des progrès rapides ; le malade ne peut se réchauffer et la mort arrive à 4^h du matin après une cruelle agonie. Survie, 36 heures environ.

3e Observation : F..., 27 ans, n'est resté que quelques instants (30 minutes), et a été indisposé.

4e Observation : B..., 27 ans. A peine entré dans la chambre de plomb, il est suffoqué. Rentré chez lui, il se sent indisposé et se couche ; il éprouve de la douleur à la poitrine et à la gorge : c'est à peine s'il peut respirer. Il ne fait pas appeler le médecin.

Le lendemain, il peut reprendre ses travaux.

2 jours après l'accident, il éprouve les mêmes douleurs. Elles s'amendent.

Autopsie des cadavres des sieurs L... et M... (première et deuxième observations). — Les deux cadavres se présentent dans des conditions identiques. Les sieurs L... et M... étaient dans la force de l'âge, très vigoureusement constitués et exempts de toute maladie, lésion ou infirmité quelconque qui pût être considérée comme une prédisposition particulière à ressentir les influences morbides.

La décomposition est assez avancée à l'extérieur ; les organes internes sont parfaitement intacts ; il n'existe nulle trace de violence. A l'ouverture des grandes cavités, pas d'odeur particulière. Les poumons sont le siège de lésions graves en tout semblables entre elles. Ces organes sont volumineux, congestionnés dans toute leur étendue, noirs et présentant, en outre, un grand nombre de noyaux apoplectiques volumineux, disséminés dans toute l'épaisseur de leur tissu.

Dans toute la trachée et les bronches, qui sont d'un rouge vif, il y a un peu d'écume sanguinolente.

Le cœur renferme une assez grande quantité de sang très noir et tout à fait fluide.

Digitized by Google

Il n'existe pas d'ecchymoses disséminées, ni dans la plèvre, ni sous le péricarde, ni sous l'endocarde.

Les organes digestifs sont tout à fait sains.

L'estomac ne présente pas la plus légère altération de la muqueuse; celle-ci est, seulement chez l'une des victimes, en partie colorée en jaune orange, d'une teinte assez analogue à celle du gaz nitreux, mais c'est là un simple phénomène de décoloration, sans ramollissement, ni ulcération, ni lésion du tissu même.

Le tube digestif, dans toute sa longueur, est également exempt d'ulcérations. On ne voit, sous le péritoine et le mésentère, aucune tache ecchymotique, aucune suffusion sanguine.

Les autres viscères n'offrent absolument rien à noter.

En résumé : 1° L... et M... ont succombé tous les deux à une même cause de mort : à une congestion pulmonaire.

2° Cette congestion est le résultat de l'inspiration prolongée des vapeurs irritantes, comme sont les gaz sulfureux et nitreux, et les lésions constatées à l'autopsie sont tout à fait en rapport avec les symptômes observés pendant la vie, et notamment avec les signes de suffocation et d'irritation de la poitrine, accusés par les sieurs L... et M....

III. — *Étude clinique et anatomo-pathologique de l'intoxication par les vapeurs nitreuses.*

De tous les renseignements qui précèdent, on peut dégager les notions suivantes :

Les vapeurs nitreuses, même en quantité infime, sont très désagréables à respirer. Elles ont ceci de commun avec les vapeurs de chlore, dont elles rappellent l'odeur. Mais, tandis que les effets de ces dernières sont instantanés, extrêmement douloureux, ne laissant aucune trace sur l'organisme si les inhalations n'ont pas été trop répétées ni de trop longue durée, il n'en est pas de même des vapeurs nitreuses.

Dès les premières inspirations, le patient éprouve à la gorge une sensation de cuisson plus ou moins pénible, selon la réceptivité particulière de chaque sujet. Il est des ouvriers qui sont pris de quintes de toux et de suffocation au moindre dégagement de vapeurs et qui sont obligés de quitter immédiatement l'atelier;

Digitized by Google

d'autres, au contraire, comme les ouvriers Le Guern et Le Gall, peuvent supporter beaucoup plus longtemps l'action des vapeurs, sans en être immédiatement incommodés.

Cette sensation, pénible au début, cesse au grand air; la respiration redevient normale et l'on pourrait croire que tout danger d'intoxication a disparu: Les ouvriers se remettent au travail, vont prendre leur repas, rentrent même chez eux sans être incommodés, mais, plusieurs heures après, apparaissent les accidents secondaires extrêmement graves, caractéristiques de cette intoxication.

Cette période de rémission, qui s'étend du moment de l'absorption du gaz toxique jusqu'à l'apparition des signes cliniques, est tout à fait pathognomonique et se retrouve dans tous les cas d'intoxication par les vapeurs nitreuses. Nous avons pu également la constater chez les animaux que nous avons intoxiqués expérimentalement.

La durée de cette période est variable. Elle oscille entre 2 heures et 10 heures, sans que sa durée puisse être une indication de quelque valeur au point de vue de la gravité des accidents ultérieurs.

En effet, dans le cas de Gerdy, où elle avait été très courte, le malade présenta des accidents relativement bénins; au contraire, dans les cas de Le Guern et de Le Gall, où elle fut très longue, l'évolution se termina par la mort.

Après cette période de rémission, apparaissent un certain nombre de symptômes dont le groupement, la succession et la gravité varient avec chaque individu. Par leur action corrosive sur les tissus, par les modifications qu'elles déterminent sur les globules du sang, par l'asphyxie qu'elles provoquent mécaniquement, les vapeurs nitreuses déterminent des troubles intéressant presque tout l'organisme.

La peau et les muqueuses peuvent être le siège des lésions dues à leur contact direct avec les vapeurs nitreuses; c'est ainsi qu'on a pu, parfois, noter des conjonctivites, même dans les ateliers où se dégagent de petites quantités de vapeurs.

Plus importants sont les troubles de l'appareil digestif. Outre la sensation de soif vive qu'ils éprouvent, les ouvriers ont des nausées, des vomissements, des coliques quelquefois très violentes, s'accompagnant de diarrhée. Dans les formes graves, le malade ressent dès le début une brûlure au niveau de l'estomac,

Digitized by Google

s'accompagnant d'une sensation de constriction violente de l'épigastre. Mais le caractère le plus important est tiré de l'aspect des vomissements et des selles qui sont jaunâtres, de couleur orangée, de réaction acide et dans lesquelles on peut déceler la présence de l'acide azotique.

Les symptômes pulmonaires sont beaucoup plus marqués. Il y a de la dyspnée à la fois mécanique par lésions pulmonaires et toxique par atteinte du système nerveux. Cette dyspnée peut aller jusqu'à l'orthopnée. Dans quelques cas (Tardieu), elle peut simuler une crise d'asthme; elle peut également s'accompagner de toux quinteuse, continue et fatigante. L'expectoration, qui fait rarement défaut, est mousseuse, jaune orangé, quelquefois d'odeur acide. Elle peut être très abondante, comme dans le cas de Socquet, où le malade rendait un liquide filant à pleines gorgées ; elle peut, au contraire, faire complètement défaut comme dans un cas de Tardieu ; dans certains cas, elle est striée de filets de sang et peut même revêtir l'aspect d'une hémoptysie.

L'état général est toujours profondément atteint. L'aspect du malade, dans les formes graves, est caractéristique. Il est assis sur son lit, en orthopnée, la figure cyanosée ; tout son habitus extérieur exprime l'anxiété la plus grande. Le pouls est rapide, la température est quelquefois élevée. Dans certaines formes, il y a du délire et de l'excitation ; dans d'autres, au contraire, le malade est apathique, mais son intelligence reste toujours intacte jusqu'à la fin.

L'examen du sang montre enfin des modifications importantes dans la forme, le nombre des globules, ainsi que dans sa composition chimique.

Tous les symptômes que nous venons de décrire se rencontrent rarement au complet chez le même individu. Certains signes prédominent en général et donnent au malade un aspect spécial.

C'est ainsi qu'on peut décrire une *forme digestive* de l'intoxication par les vapeurs nitreuses.

Il y a une légère dyspnée, quelques crachats, mais les signes qui dominent la scène sont des nausées, des vomissements, des selles jaune orangé et des douleurs à l'épigastre. Ceci correspond sans doute à l'expression usitée par les ouvriers des poudreries qui

Digitized by Google

déclarent ressentir des *ventrées d'acides*. Cette forme est, en général, bénigne, et guérit le plus souvent, bien qu'elle évolue quelquefois d'une façon dramatique.

On a noté, chez les alcooliques et les prédisposés, la prédominance des symptômes d'ordre nerveux : le meilleur exemple en est l'observation de Gerdy, où le malade présenta surtout des douleurs de tête, des vertiges, de l'aphasie avec modification du pouls et de la température. La guérison survint au bout de 3 jours.

Bien plus grave est la forme pulmonaire ; c'est celle qu'ont présentée les deux ouvriers du Moulin-Blanc. La dyspnée, la toux, l'expectoration, y atteignent le maximum d'intensité et, à ces signes locaux, s'ajoutent des troubles de l'état général. Il y a dans ces formes une intoxication profonde de l'organisme, qui se termine presque toujours par la mort.

L'action des vapeurs nitreuses peut encore se manifester d'une façon plus insidieuse.

Les cas d'anémie, d'affaiblissement général que signale le docteur Normand à la Poudrerie du Moulin-Blanc, les bronchites et les congestions pulmonaires légères, signalées par le docteur Lurette, à Esquerdes, en sont des exemples. Peut-être y a-t-il également un rapport entre l'action débilitante exercée sur l'organisme par les vapeurs nitreuses et le manque général de vigueur qu'on rencontrerait, d'après M. Louppe, directeur de la Poudrerie du Moulin-Blanc, chez tous les ouvriers. Il résulte enfin de nos recherches qu'il n'y a aucun rapport entre la quantité de vapeurs respirées et la gravité de l'affection. En effet, il était souvent arrivé aux ouvriers Le Gall et Le Guern, aux dires de leurs camarades, de travailler au milieu d'une grande quantité de vapeurs nitreuses à l'occasion de prise en feu des pots sans être incommodés.

D'autre part, Wolff rapporte l'histoire de deux ouvriers qui, étant descendus dans une chambre de nitrification, furent environnés de vapeurs nitreuses. Ils remontèrent ensemble au bout de quelques minutes. Or, tandis que l'un d'eux ne présentait aucun malaise, l'autre présenta, le soir même, des symptômes alarmants et mourut dès le lendemain.

Autopsie. — L'aspect du cadavre n'a généralement rien de

Digitized by Google

caractéristique. On a cependant signalé quelquefois de la cyanose des lèvres, des pieds, des ongles, etc.

Par contre, si l'examen extérieur ne donne pas de renseignements très précis, il n'en est pas de même de celui des viscères et, en particulier, des organes de la cavité thoracique.

La trachée et les bronches présentent une injection très marquée de la muqueuse due à l'action corrosive des vapeurs de peroxyde d'azote. Tardieu, outre cette couleur rouge vif, a constaté, sur la muqueuse de la trachée, une légère écume sanguinolente.

Les poumons semblent volumineux. A l'ouverture de la poitrine, leur coloration est presque toujours particulière. Cependant, dans les cas de Le Gall et de Le Guern, ils avaient conservé leur coloration normale au moment de l'ouverture du thorax, mais ils changèrent rapidement de couleur et, de gris rosé qu'ils étaient, ils devinrent bientôt rouge sombre, lorsqu'on les sortit de la cavité thoracique. Dans d'autres cas, ils furent trouvés nettement congestionnés dès l'ouverture du cadavre, avec, par places, quelques points plus foncés simulant des noyaux d'apoplexie pulmonaire.

A la palpation du poumon, on sent seulement une crépitation plus ou moins étendue, selon le degré de congestion.

La coupe fournit, par contre, des renseignements plus précis. Tardieu a noté, une fois, une odeur nitreuse manifeste, se dégageant à la section du poumon. Le plus souvent, on trouve cet organe gorgé de sérosité rouge clair, et la pression permet d'en faire sourdre de fines bulles mousseuses.

Suivant le degré de congestion, on a trouvé une quantité plus ou moins grande de sang liquide et noirâtre dans les alvéoles; on peut trouver aussi quelquefois à l'intérieur du parenchyme pulmonaire de petits noyaux apoplectiques, semblables à ceux qu'on voit sur la surface extérieure du poumon.

La cavité pleurale peut contenir une certaine quantité de sang liquide et noirâtre.

Le cœur est, le plus souvent, de volume normal. On l'a, cependant, signalé dans quelques observations comme très volumineux. Mais les altérations les plus constantes et les plus caractéristiques sont celles que présentent le sang. Dans toutes les autopsies, en effet, on a trouvé un sang noirâtre, non coagulé et visqueux.

Digitized by Google

Dans les formes digestives, il y a des lésions de l'estomac qui est généralement distendu par les gaz et dont le contenu est acide. Un auteur relativement ancien aurait rencontré une acidité telle, que la virole en argent de son scalpel serait devenue toute noire, dès l'incision de l'estomac. Dans les deux autopsies du Moulin-Blanc, le docteur Mahéo a noté une arborisation vasculaire de la muqueuse gastrique.

Les autres parties du tube digestif ne présentent pas de lésions spéciales. Il en est de même des reins et du cerveau.

L'autopsie ne montre donc, le plus souvent, que des lésions plus ou moins étendues de congestion pulmonaire ; aussi, est-il nécessaire, pour affirmer l'intoxication par les vapeurs nitreuses, de pratiquer l'examen toxicologique du sang et des viscères.

Cet examen n'a pas été fait à la suite des deux décès du Moulin-Blanc. Mais cette recherche a été pratiquée par Tardieu puis par Socquet et Chassevant, au cours d'expertises médico-légales. Voici comment ont procédé ces auteurs :

IV. — *Étude toxicologique de l'intoxication par les vapeurs nitreuses.*

1° *Recherches de Tardieu.* — Un ouvrier, nommé Clément, employé chez un fabricant de maroquins, est trouvé un jour dans une des pièces de l'atelier, couché sur le dos et respirant à peine. Transporté chez lui, il reprend un peu de connaissance et meurt quelques heures après, le 1er février 1869.

Ses camarades d'atelier, attribuant sa mort à l'absorption de vapeurs rouges dans une opération qu'il pratiquait (préparation de la dissolution pour noir), la veuve ayant assigné le patron en dommages-intérêts, le Parquet de la Seine jugea indispensable de faire procéder à l'examen et à l'analyse chimique des organes extraits du cadavre.

Les organes sont mis sous scellés dans trois bocaux de verre ; c'est dans le tissu pulmonaire et le liquide sanguinolent qui le baignait que Tardieu cherche la présence de l'acide azotique. Il constate, tout d'abord, que les deux poumons, presque complètement détruits, nagent dans le bocal qui les renferme au milieu d'un sang noir et en partie coagulé.

Digitized by Google

Le tissu pulmonaire et le liquide qui le baigne présentent une réaction acide énergique au tournesol.

Lorsqu'on vient à couper, soit avec un scalpel, soit avec un morceau de verre aigu, le tissu pulmonaire, on constate, à diverses reprises une odeur manifestement nitreuse.

Une bande de papier imprégné d'iodure de potassium amidonné prend, dans le bocal de verre au fond duquel on dilacère le tissu pulmonaire, une coloration bleue intense, en quelques secondes.

Le tissu pulmonaire, divisé en menus morceaux et remué dans le liquide sanguinolent dont on a parlé, est délayé avec 25^{g} de carbonate de chaux récemment précipité ; et, après 24 heures de macération à la température de 50°, puis une ébullition de 10 minutes, on a filtré le liquide. La liqueur qui en résulte est évaporée, le résidu mis à bouillir à plusieurs reprises jusqu'à épuisement avec 300^{g} d'alcool pur à 90°. Les solutions alcooliques filtrées ont été soumises elles-mêmes à une évaporation ménagée au bain-marie, jusqu'à réduction à l'état presque sec.

Le résidu est repris par de petites quantités d'eau froide jusqu'au volume de 60^{cm^3}.

Le liquide porté à l'ébullition est décomposé aussi exactement que possible par une dissolution étendue et chaude de carbonate de soude qui est soumise à l'évaporation ; après filtration, on obtient des cristaux à l'air libre au bout de 10 jours. Abandonnés à l'air libre, ces cristaux ne paraissent plus augmenter de volume. On les lave avec de l'alcool et on les sèche dans un dessiccateur à la chaux. Leur poids est de $1^{g},41$.

Ces cristaux sont petits, nettement définis ; de l'examen chimique et physique, il résulte qu'on avait sans aucun doute affaire à des cristaux d'azotate de soude.

2° *Expertise médico-légale par MM. Chassevant et Socquet.* — Autopsie du cadavre du sieur D..., le 6 février 1901. — Le cadavre est celui d'un homme de taille moyenne, âgé de 41 ans, et ne paraissant pas très vigoureux. La rigidité cadavérique a complètement disparu et la putréfaction est à peine commencée. On ne constate aucune trace de violence actuellement appréciable sur les différentes parties du corps.

Il n'y a pas d'épanchement sanguin sous le cuir chevelu ; les

Digitized by Google

méninges ne sont pas trop congestionnées ; le cerveau, le bulbe et le cervelet ne présentent aucune lésion, ni tumeur.

L'œsophage est sain.

La trachée est également saine et contient quelques mucosités. Pas d'épanchement liquide dans les cavités pleurales, pas d'ecchymoses sous-pleurales. Les poumons présentent quelques adhérences anciennes. Le poumon gauche est très congestionné par place et présente des foyers hémorrhagiques. Dans le sommet du poumon gauche, se trouvent quelques tubercules. Le poumon droit présente également dans son lobe inférieur quelques petits foyers hémorrhagiques.

Il n'y a pas d'ecchymoses sous-péricardiques ; les cavités ventriculaires du cœur renferment quelques caillots noirâtres ; il n'y a pas de caillots fibrineux. Les valvules sont saines.

L'estomac renferme quelques centimètres cubes de liquide légèrement noirâtre, la muqueuse est saine.

Le foie paraît sain.

La rate est saine et n'est pas diffluente.

Les reins sont également sains et se décortiquent assez facilement.

Pas d'épanchement dans la cavité abdominale. Les intestins ne sont pas congestionnés et paraissent sains.

La vessie est vide ; la muqueuse est saine.

Nous avons recueilli dans un bocal une certaine quantité de sang pour être soumis à l'examen spectroscopique et à l'analyse chimique.

Le 1^er^ mars nous nous sommes transportés à l'établissement de M. S... chez qui était employé le sieur D....

M. S... nous a fait, sur les lieux, la déclaration suivante :

« Le samedi 30 janvier, le sieur D..., ainsi qu'il avait l'habitude de le faire, aurait fait un mélange d'acide et d'eau dans un bac en plomb situé au fond d'un réduit. Les dimensions intérieures de ce bac sont les suivantes : profondeur, $0^m,46$; largeur, $0^m,50$; longueur, $0^m,80$. Sa capacité serait de 184^l. Le bac aurait été rempli de la façon suivante : l'ouvrier en aurait rempli environ les $\frac{3}{4}$ avec de l'eau, puis il aurait versé ensuite $\frac{1}{2}$ tourie d'acide. A ce moment, M. S... nous déclare que, par suite d'une erreur de livraison de son fournisseur, la tourie dont la moitié du contenu aurait été versé, contenait de l'acide azotique au lieu d'acide sulfurique. »

Digitized by Google

Le vendredi 13 février, s'apercevant que le bac fuyait, le sieur D... aurait transvasé, à l'aide d'une cruche en grès, le contenu de ce bac dans une autre cuve en plomb, située dans ce réduit à côté des accumulateurs.

Environ 1 heure 30 minutes après cette manipulation, le sieur D... aurait eu des vomissements, puis une toux fréquente.

Le bac de plomb que nous avons examiné, et dans lequel le mélange d'eau acidulée aurait été pratiqué, renferme sur ses parois une boue blanchâtre assez abondante, dont nous avons prélevé un échantillon.

La deuxième cuve en plomb contient aussi un abondant dépôt pulvérulent et blanchâtre ; nous en avons également prélevé un échantillon.

Enfin, M. S... nous a remis un litre étiqueté « acide sulfurique dilué », qui aurait été prélevé dans les cuves et qui serait le liquide manipulé par l'ouvrier D...

Analyse chimique. — Le sang prélevé par l'un de nous, lors de l'autopsie de D..., et les différents prélèvements opérés dans l'établissement de M. S... ont été analysés de la façon suivante :

1° Examen du sang. — Le sang, dilué convenablement et examiné au spectroscope, a permis de constater nettement la bande d'absorption de l'oxyhémoglobine ; mais nous n'avons pu observer le spectre de la méthémoglobine.

Soumis à l'action du sulfhydrate d'ammoniaque, la réduction s'est opérée très lentement, et la bande de réduction de Stokes n'est apparue qu'après 1 heure 30 minutes.

Ce retard dans la réduction permet de supposer la présence dans le sang, soit de carboxyhémoglobine, soit de l'hémoglobine oxyazotée : ces deux combinaisons présentent, en effet, la même bande d'absorption que l'oxyhémoglobine et ne se transforment pas sous l'influence du réducteur.

Nous ne pouvons pas cependant affirmer, d'une façon absolue, l'existence de l'hémoglobine oxyazotée, car la réduction, quoique lente, s'est cependant produite.

Les gaz du sang, extraits par la méthode d'Armand Gautier et analysés, renfermaient de l'oxygène, absorbé par l'acide pyrogallique et la potasse ; de l'acide carbonique absorbé par la potasse

Digitized by Google

et de l'azote. Il n'y avait ni oxyde de carbone ni vapeurs nitreuses.

Nous avons recherché dans le sang la présence de l'acide azotique, de la façon suivante :

Porté à l'ébullition, le sang a été additionné d'un léger excès de carbonate de soude. Le liquide alcalin filtré a été ensuite évaporé à sec, puis repris par l'eau et, enfin, évaporé de façon à cristalliser.

Les eaux mères et les cristaux redissous sont soumis aux réactions de l'acide azotique ; les résultats ont été négatifs.

Le sang ne renfermait pas d'azotate ni d'acide azotique.

2° Analyse des prélèvements. — L'analyse du liquide contenu dans le litre étiqueté « acide sulfurique dilué » est une solution d'acide azotique, facile à caractériser par l'odeur particulière qu'elle dégage.

L'analyse quantitative montre que ce liquide renferme :

Acide sulfurique	$42^{g},41$
Acide azotique	235

par litre, ce qui correspond à de l'acide azotique ordinaire impur, dilué environ au quart.

Le dépôt prélevé dans le bac où le mélange a été opéré est formé surtout de sulfate de plomb, contenant aussi un peu d'azotate de cuivre.

Le dépôt de la petite cuve est un mélange où prédomine le sulfate de plomb, mais renfermant aussi de l'azotate de plomb.

3° Expérience physiologique. — En présence des résultats de l'analyse chimique, il y avait lieu de se demander si, au moment où l'on verse de l'acide azotique dilué au $\frac{1}{4}$, sur ce dépôt blanchâtre, il ne se produisait pas un mélange gazeux délétère.

Nous avons réalisé cette opération dans notre laboratoire, sans observer un dégagement appréciable de vapeurs nitreuses.

Pour nous rendre compte de la nocuité possible de cette réaction, nous avons procédé à l'expérience suivante :

Un cobaye pesant 410^{g} a été placé sous une cloche de verre, et, au moyen d'un dispositif convenable, nous avons fait passer dans la cloche, pneumatiquement close, un courant d'air qui, au

Digitized by Google

préalable, barbotait dans un flacon où se trouvait le mélange du dépôt du bac et d'acide azotique dilué au quart.

Nous avons poursuivi cette expérience pendant 6 heures sans observer aucune manifestation morbide.

L'un de nous a respiré à plusieurs reprises de l'air ayant ainsi barboté dans l'acide azotique dilué, sans observer aucune gêne ni inconvénient.

Conclusions. — 1° L'autopsie du cadavre du sieur D... a permis de constater des lésions anciennes dans le sommet du poumon gauche, et des lésions récentes dans les deux poumons.

2° Ces deux lésions (foyers d'hépatisation et foyers hémorrhagiques) pouvaient faire penser à une irritation d'origine toxique.

3° L'absence de lésions dans les autres organes, l'absence de vapeurs nitreuses et d'acide azotique dans le sang prélevé lors de l'autopsie, doivent faire écarter l'hypothèse d'une intoxication par les vapeurs nitreuses.

4° L'expérience physiologique vient corroborer cette manière de voir.

5° La cause de la mort doit donc être la conséquence d'une affection pulmonaire subaiguë, dont l'étiologie nous échappe, mais probablement tuberculeuse.

L'observation qu'on vient de lire n'est pas, comme on le voit, positive.

Néanmoins, les circonstances qui ont accompagné la mort du sieur D... ayant fait primitivement penser à une intoxication probable, nous avons cru pouvoir citer ce cas.

L'examen toxicologique du sang donne donc également des renseignements du plus haut intérêt : le sang est brun foncé, de couleur chocolat ; ne se coagule pas et apparaît, à l'autopsie, liquide et visqueux. Il présente une réaction acide des plus nettes au papier tournesol.

A ces caractères macroscopiques s'ajoutent des modifications spectroscopiques et chimiques.

On sait que le bioxyde d'azote agit sur l'hémoglobine du sang pour former une combinaison spéciale : l'hémoglobine azotée qui présente quelques analogies avec l'hémoglobine oxycarbonée, en ce sens qu'elle est isomorphe avec l'oxyhémoglobine ; mais l'hémoglobine oxyazotée est plus stable que l'hémoglobine oxycarbonée,

Digitized by Google

le bioxyde d'azote pouvant, à volume égal, déplacer l'oxyde de carbone (Henoch).

Beaucoup plus importante, au point de vue toxicologique, est la formation de méthémoglobine au contact du bioxyde d'azote. Ce composé est, en effet, plus stable que l'hémoglobine oxyazotée ; il détermine de plus la dilatation des vaisseaux sanguins avec abaissement de la tension sanguine.

On peut vérifier toutes ces modifications et altérations du sang à l'aide de l'examen spectroscopique. Gamgée a montré que si l'on mélange du sang normal avec du nitrate de soude par exemple, et qu'on examine ce mélange au spectroscope, on note aussitôt la bande d'absorption pathognomonique de l'hématine acide (bande qui siège un peu à droite de la raie C et qui s'étend jusqu'à la première moitié de la plage qui sépare C et D). Cette bande provient du dédoublement de l'hémoglobine en hématine et albumine.

3° *Expériences et recherches personnelles.* — Nous avons cru utile de reprendre l'étude de ces différentes recherches toxicologiques, pensant qu'il existait peut-être actuellement des réactifs chimiques plus sensibles que ceux qui avaient été employés par Tardieu et les autres auteurs.

Voici comment nous avons procédé :

L'intoxication par les vapeurs nitreuses est due au peroxyde d'azote NO^2 ou hypoazotide. Le bioxyde d'azote NO, qui se forme simultanément, se transforme immédiatement au contact de l'air en hypoazotide. On n'a donc, pratiquement, qu'à s'occuper de ce dernier.

Le peroxyde d'azote, au contact de l'eau, donne un mélange d'acides nitrique et nitreux :

$$2\,NO^2 + H^2O = NO^3H + NO^2H.$$

On admet généralement que c'est cette réaction qui se passe dans les cas d'empoisonnement au contact des liquides de l'organisme. Par suite, la recherche toxicologique des vapeurs nitreuses se ramène à celle des nitrates et nitrites.

Nous avons opéré sur des cobayes; ceux-ci ont été plongés dans une atmosphère de vapeurs nitreuses pendant un temps

Digitized by Google

variable. Les vapeurs de peroxyde d'azote étaient obtenues dans une première série d'expériences par action de l'eau sur le sulfate de nitrosyle.

$$2SO^2(NO^2)OH + H^2O = 2SO^4H^2 + N^2O^3,$$
$$N^2O^3 + O = N^2O^4.$$

Première expérience. — Deux cobayes ont été placés dans une enceinte de 1^{m^3} environ de capacité, dans laquelle on envoyait un courant de vapeurs nitreuses ; après la mort des cobayes, on a fait l'autopsie et prélevé les poumons, le sang, dans lesquels nous avons pratiqué la recherche systématique des acides azotique et azoteux.

Deuxième expérience. — Deux cobayes ont été placés dans la même enceinte : on les a retirés au bout de quelques minutes et avant leur mort ; sur le premier, nous avons fait immédiatement un prélèvement de sang qui nous a servi à la recherche directe des acides azoteux et azotique, sans élimination des matières organiques. Le deuxième cobaye, abandonné à lui-même, a présenté rapidement les symptômes d'intoxication due aux vapeurs nitreuses. Nous avons pu prélever quelques centimètres cubes de spume, sur lesquels nous avons pratiqué la même série de recherches que ci-dessus.

Troisième expérience. — Enfin, nous avons contrôlé les résultats trouvés ci-dessus, en pratiquant les mêmes opérations : 1° Sur les poumons et le sang de cobayes non intoxiqués ; 2° Sur le sérum sanguin et la spume des mêmes cobayes.

Quand on veut caractériser des quantités très faibles de produits nitrés dans un liquide aussi complexe que le sang, on se heurte aux plus grandes difficultés. En effet, les matières organiques qu'il renferme (sérine, globuline, substance fibrinogène, urée, etc.) et surtout la matière colorante, l'hémoglobine, masquent complètement les réactions. On est donc obligé, avant toute recherche toxicologique, de se débarrasser, par des traitements appropriés, des substances albuminoïdes et colorantes du sang. Nous avons cru utile de reprendre cette recherche, en suivant la technique indiquée par Tardieu pour obtenir un liquide incolore, liquide sur lequel on peut alors rechercher les réactions caractéristiques des nitrites et nitrates.

Digitized by Google

Recherche systématique des vapeurs nitreuses. — Les organes prélevés ont été finement dilacérés et neutralisés avec une petite quantité de carbonate de chaux chimiquement pur. Nous avons laissé digérer le mélange quelques heures à une douce chaleur (50°). Le résidu a été épuisé à plusieurs reprises par l'alcool bouillant; nous avons ainsi mis à profit la solubilité de l'azotate de calcium dans l'alcool; les liqueurs alcooliques réunies et évaporées à consistance presque sirupeuse ont été reprises par l'eau; la solution obtenue après filtration a été neutralisée aussi exactement que possible avec du carbonate de soude. On filtre et le liquide obtenu a été mis à cristalliser. Tardieu, dans ces conditions, avait obtenu une cristallisation abondante d'azotate de soude. Nous n'avons pu obtenir cette cristallisation, les quantités mises en expérience étant évidemment trop faibles. Mais la solution nous a servi à caractériser les nitrates et nitrites par leurs réactions analytiques.

1° *Action du sulfate ferreux.*

On prend :

	cm³
Sulfate dissous	1
Acide sulfurique pur	1

On ajoute lentement 1cm³ de solution de nitrate.

On obtient à la surface de séparation un anneau rose violacé assez intense.

2° *Réactif sulfo-phénique.*

	g
Phénol pur	3
Acide sulfurique pur	37

On évapore à siccité la solution de nitrate, on ajoute au résidu quelques gouttes de réactif; on obtient ainsi une coloration jaune due à la formation de dérivés nitrés et nitrosés. Par addition d'eau et d'ammoniaque, la coloration devient plus intense.

3° *Réactif sulfo-acétique.*

	g
Acide acétique	3
Acide sulfurique pur	37

On opère comme ci-dessus. Cette réaction s'applique surtout aux nitrites.

Digitized by Google

4° *Réactif de Lendo.*

Acide chlorhydrique	1 goutte
Résorcine à 5 pour 100	1 »
Acide sulfurique	1 »

Coloration pourpre violacée avec les azotates.

5° *Réactif de Bœrtger.*

Brucine à 1 pour 100	3 gouttes
Acide sulfurique pur	3 »

Coloration pourpre avec les azotates.

6° *Réactif de Denigès.*

	cm³
Antipyrine à 5 pour 100	1
Acide sulfurique pur	2

On ajoute 2$^{cm^3}$ de solution de nitrate.
Coloration jaune carmin.

7° *Réactif de Griess.*

	g
Chlorhydrate de métaphénylène diamine	10
Eau distillée	400
Ammoniaque	100

On porte la solution d'azotate à l'ébullition, on l'additionne de 1$^{cm^3}$ SO^4H^2 et de 1$^{cm^3}$ de réactif. On obtient une coloration jaune qui se produit également avec les nitrites.

8° *Réactif à la diphénylamine.*

	g
Sulfate de diphénylamine	1
Acide sulfurique pur	50

Mettre dans un tube à essai 5$^{cm^3}$ de réactif, y verser lentement 10 gouttes de la solution à examiner. On obtient un disque bleu très intense à la ligne de séparation des deux liquides.

Nous avons effectué sur notre solution d'azotate ces diverses réactions qui ont été toutes positives.

Mais de telles recherches nécessitent un outillage approprié, des manipulations très longues et très délicates qui ne peuvent être

Digitized by Google

confiées qu'à un chimiste exercé. Aussi avons-nous cherché une méthode plus simple et plus rapide, capable de fournir des résultats pour ainsi dire extemporanés.

La méthode que nous avons employée ne possède pas la rigueur scientifique de la précédente, mais elle peut donner d'utiles indications qui, le cas échéant, pourraient être corroborées par des expériences plus précises.

Nous avons opéré la recherche des produits nitrés dans les expectorations et dans le sérum sanguin.

Lorsqu'on prélève les expectorations ou le sérum sanguin non laqué d'un cobaye intoxiqué par les vapeurs nitreuses, on obtient en effet un liquide sensiblement incolore. Ce liquide renferme encore des substances albuminoïdes capables de masquer certaines réactions, mais, dans ces conditions, le *réactif à la diphénylamine* donne néanmoins une réaction bleue caractéristique comme dans le cas d'une solution pure d'azotate. On peut donc utiliser ce réactif pour la recherche directe des produits nitrés dans le sérum sanguin. Il suffit, pour cela, d'obtenir du sérum non laqué en prélevant le sang avec une ventouse scarifiée, *rigoureusement sèche*. On laisse reposer le contenu pendant 4 à 5 heures et on opère ensuite sur le sérum, comme il est dit ci-dessus.

Comme contrôle indispensable de ces expériences, nous avons soumis du sérum humain et du sérum de cobayes non intoxiqués :

1° A l'action du réactif à la diphénylamine ;

2° A la recherche systématique des nitrates et nitrites par la méthode indiquée plus haut. Dans aucun cas, nous n'avons observé de réaction positive.

Nous croyons utile de faire remarquer à la fin de cette étude, qu'aucun des auteurs que nous avons cités plus haut n'a employé la série complète des réactifs des vapeurs nitreuses, et nous pensons que l'exposé qui vient d'en être fait pourra avoir une certaine utilité dans l'avenir.

Nous nous permettons d'ajouter, de plus, que la recherche directe des produits nitrés dans le sérum sanguin n'avait, à notre connaissance, jamais été pratiquée. C'est là un procédé extrêmement pratique, qui est susceptible de donner très rapidement des résultats démonstratifs.

Digitized by Google

Cas Prieur. — Reste maintenant à discuter, pour en terminer avec cette étude des intoxications par les vapeurs, un cas mortel survenu à la Poudrerie de Vonges et dont le diagnostic n'a pu être fait avec certitude malgré toutes les recherches pratiquées à cet effet.

Voici l'histoire de ce cas mortel, telle que nous avons pu la reconstituer :

Le 22 août 1906, l'ouvrier Prieur prit son travail à 7^h du soir à la poudrerie. Il résulte des témoignages des autres ouvriers, qu'il avait, à ce moment, toutes les apparences d'un homme bien portant et qu'il ne se plaignait de rien. Vers 11^h du soir, il fut obligé de remplacer un coude en grès qui était fêlé. Il effectua cette réparation en compagnie d'un autre ouvrier et respira à ce moment une faible quantité de vapeurs nitreuses. A minuit, au moment de la cessation du travail, Prieur quitta la poudrerie sans se plaindre et rentra chez lui. Des témoins déclarent l'avoir entendu tousser longuement en rentrant chez lui. Le matin, ne se sentant pas bien, il voulut se lever pour aller prendre l'air dans le jardin, mais, à 10^h, on fut obligé de le recoucher et il ne prononça plus, dit-on, aucune parole jusqu'à sa mort.

Ce n'est qu'à $3^h 30^m$ qu'il fut examiné par un premier médecin, le Dr Bourgot, qui déclara, au cours de l'enquête du juge de paix : « Je n'ai trouvé aucune lésion au cœur ni aux poumons, sauf de la congestion d'agonie. Le malade avait la face décolorée, ce qui n'est pas un signe d'asphyxie par congestion. »

Le Dr Champy arriva quelques instants plus tard, vit également Prieur et déclara : « Je l'ai trouvé à l'agonie, il était dans le coma le plus complet ; il est mort 10 minutes après mon arrivée... il est impossible de comparer les symptômes présentés par Prieur à ceux des ouvriers ayant absorbé des vapeurs nitreuses. »

Des témoins entendus par le juge de paix ont en outre déclaré que Prieur avait la figure décomposée et que la chambre où il était couché sentait l'acide nitrique.

Tels sont les seuls renseignements qui furent fournis au juge au cours de son enquête. L'autopsie fut alors ordonnée et pratiquée, le 3 octobre 1906, par le Dr Quioc, médecin légiste, qui consigna ses constatations dans un rapport et qui conclut de la façon suivante : « La mort de Prieur ne peut être due, étant donnée l'absence

Digitized by Google

de maladies organiques qu'à un empoisonnement du sang avec asphyxie légère, survenue dans un organisme déjà affaibli et intoxiqué. La mélinite, absorbée dans la soirée du 22 août, a été la cause occasionnelle sur un terrain préparé.

» Dr J. Quioc. »

L'examen toxicologique des viscères prélevés et du sang fut pratiqué par M. Bellier, expert-chimiste à Dijon, qui reçut la mission suivante :

1° Dire si le sang renferme des gaz à essences anormales;

2° Si la matière colorante du sang est transformée en méthémoglobine;

3° En ce dernier cas, si la putréfaction dans le cimetière peut produire le même résultat.

M. Bellier termine son rapport par les conclusions suivantes :

« 1° Le sang ne contient ni gaz, ni essences anormales, et plus particulièrement pas de produits nitrés, tels que les mononitronaphtalines ou binitrotoluol, ni de vapeurs nitreuses (peroxyde d'azote), seuls produits auxquels sont exposés les ouvriers de la poudrerie.

» 2° Le même sang ne contient pas de méthémoglobine.

» *Dijon, le 12 octobre* 1906. BELLIER. »

Le Ministre de la Guerre ayant soumis à l'examen du Comité technique de Santé le dossier de cette affaire, le Comité a émis l'avis suivant :

« Des éléments de l'enquête soumise au Comité, on ne peut déduire avec certitude la cause de la mort de l'ouvrier Prieur.

» L'observation médicale du malade faisant défaut, il est impossible d'argumenter sur la nature des accidents qui ont précédé et entraîné cette mort.

» Les résultats de l'autopsie médico-légale, pratiquée 40 jours après le décès, ne fournissent aucune donnée décisive, et les conclusions qui en ont été déduites ne paraissent pas suffisamment légitimées. Ces conclusions aboutissent, en effet, à un empoisonnement du sang dont rien ne démontre la réalité et qu'infirment, d'ailleurs, les recherches négatives de l'expert-chimiste.

» Le rapport médico-légal n'accorde, d'autre part, aucune impor-

Digitized by Google

tance à l'état des reins et des capsules surrénales ; cependant les reins ont été reconnus plus petits qu'à l'état normal et les capsules surrénales augmentées de volume, sans autres détails. Or, ces conclusions, surtout celles qui concernent les reins, doivent être rapprochées de certains symptômes relatés dans la déposition de la veuve Prieur au sujet de la maladie présentée par son mari au début du mois d'août : fatigue générale, maux de tête, troubles de la vue, et aussi la démarche chancelante signalée dans la déposition du concierge de la poudrerie. On peut, dès lors, se demander s'il n'existait pas à ce moment une néphrite latente, dont l'intervention ne serait pas négligeable dans la rapide évolution des accidents mortels.

» A défaut de faits nettement précisés, on est réduit à des hypothèses pour expliquer la cause de la mort.

» L'ouvrier Prieur, considéré comme robuste à son entrée à la poudrerie, présente après six mois de travail des troubles divers : fatigue générale, céphalée, troubles de la vue, démarche chancelante, faiblesse ou douleurs des membres inférieurs. Ces troubles ne semblent pas imputables au surmenage. Sont-ils dus à une influence de la cheddite, dont la fabrication entraînerait pendant la période des chaleurs quelques accidents d'ordre nerveux, d'ailleurs légers ? Se rapportent-ils à l'existence d'une tare organique latente, ainsi que certains détails de l'autopsie et relatifs aux reins et aux capsules surrénales conduiraient à le penser ? Le doute subsiste sur la solution à donner à cette double question ; mais on doit faire état des troubles signalés ci-dessus.

» La survenance d'une mort rapide, et inexpliquée par ailleurs, après un travail de quelques heures dans un atelier de mélinite où se dégagent des vapeurs nitreuses, autorise à penser qu'il peut exister une relation entre l'apparition des accidents mortels et la nature du travail effectué la veille. De ce que, selon le médecin de la poudrerie, ces accidents n'ont pas présenté les caractères propres aux empoisonnements par les vapeurs nitreuses, il ne résulte pas nécessairement que les vapeurs n'aient pu jouer un rôle dans l'espèce.

» En se plaçant dans l'hypothèse plausible d'une tare organique latente ou d'une imprégnation préalable par la cheddite, on conçoit que l'ouvrier Prieur ait été plus susceptible que d'autres

Digitized by Google

aux influences nocives auxquelles il a pu être exposé pendant son travail à la mélinite et en ait éprouvé des accidents graves.

» Dans ces conditions, le Comité estime qu'il paraît possible, avec une certaine vraisemblance, d'assimiler le cas de l'ouvrier Prieur à un accident du travail, tout en reconnaissant que cette appréciation reste discutable, même après l'enquête approfondie et aussi complète que possible dans l'espèce, à laquelle il a été procédé. »

Le Dr Champy, auquel ce document fut communiqué, présente les observations suivantes :

Examen des reins. — En présence du Dr Champy, le médecin légiste, M. le Dr Quioc, n'a nullement parlé des reins plus petits qu'à l'état normal; il avait dit lui-même que les reins étaient normaux.

D'abord, on n'avait observé qu'un rein ; la première idée du Dr Quioc avait été de conclure à de l'urémie par atrophie d'un rein. C'est à la demande du Dr Champy que la recherche du deuxième rein fut poursuivie ; ce rein, comme le premier, était normal.

Symptômes relatés. — Les symptômes relatés au sujet de l'état de l'ouvrier Prieur, au début du mois d'août, sont dus à l'intoxication par la cheddite. Tous les ouvriers intoxiqués par la cheddite ont présenté les mêmes symptômes.

Prieur y était d'autant plus prédisposé, qu'il était très surmené par des travaux en dehors de la poudrerie. L'ouvrier Prieur avait donné, au Dr Champy, l'emploi de ses journées : certaines nuits il ne prenait pas 3 heures de repos.

Prieur était en outre alimenté d'une manière tout à fait insuffisante.

Quinze jours avant la mort de cet ouvrier, le Dr Champy l'avait examiné attentivement. Il n'avait trouvé que des symptômes de surmenage, en même temps que d'intoxication légère par la cheddite. Il avait prévenu Prieur de l'issue fatale, s'il continuait sa manière de vivre.

Action possible des vapeurs nitreuses. — Le Dr Champy est d'accord avec le Comité technique de santé sur l'observation faite de l'action possible des vapeurs nitreuses :

On a signalé le surmenage de l'ouvrier, ainsi que l'intoxi-

Digitized by Google

cation par la cheddite : les vapeurs nitreuses ont pu jouer le rôle de la goutte d'eau qui fait déborder un vase plein.

Pontaillier-sur-Saône, 17 *décembre* 1911. CHAMPY.

Nous avons étudié à notre tour le dossier de cette affaire et nous croyons utile de faire les remarques suivantes :

Au point de vue toxicologique, l'absence de gaz ou d'essences toxiques dans le sang devait peut-être éliminer l'intoxication. Cependant on peut se demander si les résultats fournis par l'expert sont suffisamment concluants. Le sang ne fut examiné en effet que plus de quarante jours après la mort de Prieur ; d'autre part, il existe des réactions des nitrates et nitrites plus sensibles encore que celles que M. Bellier a employées. Nous citerons seulement la solution sulfurique de diphénylamine qui, ainsi que nous l'avons vu, donne une coloration bleue très nette, *même avec des quantités infimes de produits nitrés*. Le résultat de l'expertise toxicologique ne peut donc, à notre avis, et pour les raisons ci-dessus énumérées, trancher nettement la question de l'intoxication.

Au point de vue anatomo-pathologique, la seule tare organique trouvée à l'autopsie fut la petitesse des reins ; or, si l'on veut se rappeler que Prieur présenta, avant sa mort, de la céphalée, des vertiges, de la dyspnée, on peut se demander si la cause de la mort n'a pas été une néphrite interstitielle qui pourrait s'expliquer cliniquement par les symptômes ci-dessus, et anatomiquement par cette *petitesse* des reins.

Seul un examen toxicologique du sang prélevé pendant la vie aurait pu, à notre avis, trancher nettement la question. C'est dans ces cas difficiles que le procédé que nous avons indiqué plus haut pour la recherche directe des produits nitrés dans le sérum, est appelé, croyons-nous, à rendre des services.

Digitized by Google

CHAPITRE IV.

HYGIÈNE. THÉRAPEUTIQUE.

Améliorations à réaliser dans les poudreries.

1° *Outillage.*

A. — POUDRES NOIRES.

Les opérations de fabrication des poudres noires donnent lieu, presque toutes, à des dégagements de poussières.

Sans être trop nocives, ces poussières ne sont pas inoffensives et l'on réaliserait une amélioration hygiénique importante en en débarrassant l'atmosphère des ateliers. Mais le problème présente des difficultés spéciales, par suite des propriétés explosives des poussières de poudre noires : ces poussières peuvent déflagrer par choc, friction, élévation de température, et l'on ne saurait les amener au contact d'un appareil de ventilation animé d'une forte vitesse sans risquer une explosion qui se communiquerait presque infailliblement à toute la poudre de l'atelier ventilé. Les dispositifs ordinaires de ventilation ne peuvent donc être employés, car on ne saurait évidemment admettre qu'une amélioration de l'hygiène soit réalisée aux dépens de la sécurité du personnel.

Toutefois, la question ne paraît pas insoluble pour des techniciens, et la Commission croit devoir signaler, avec quelques détails, les dispositifs qu'il est possible d'employer pour empêcher le répandage des poussières dans les ateliers de poudres noires. Ces dispositifs, décrits dans la *Zeitschrift für das gesamte Schiess und Sprengstoffwesen* (n° 2 de 1908), auraient été installés, il y a quelques années déjà, à la poudrerie de Spandau. Il s'agit donc de dispositifs ayant fait leurs preuves, et non pas de dispositifs théoriques. Les méthodes qu'on a adoptées pour résoudre le problème sont :

1° N'employer que des appareils hermétiquement clos ;

2° Éviter tout mouvement rapide des matières de poudre ;

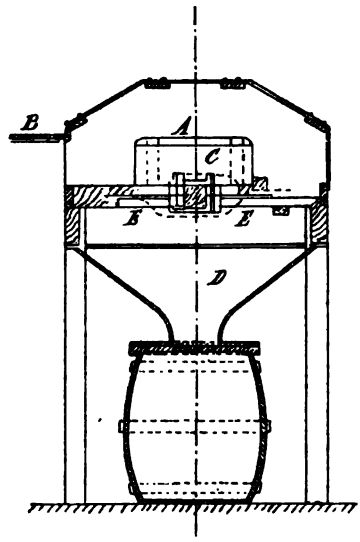
Digitized by Google

3° Effectuer l'aspiration des poussières de poudre aux endroits mêmes où elles se produisent.

1° *Emploi d'appareils fermés.* — On a proscrit toute manipulation de poudre ou d'éléments de la poudre sur des tables découvertes ou dans des caisses ouvertes, de même que tout transvasement à l'air libre.

Quand il est nécessaire d'opérer des transvasements de poudre, on a recours au dispositif de la figure 1. Une caisse A, étanche

Fig. 1.



aux poussières, est munie d'une trappe B et porte en bas une ouverture à laquelle est adapté un entonnoir en étoffe D. Sur l'ouverture repose un châssis C, pouvant basculer au moyen d'une poignée extérieure E. L'entonnoir aboutit à un couvercle muni d'une garniture en peau qui recouvre un baril ou tout autre récipient. On place sur le châssis C le récipient contenant la poudre à transvaser en l'introduisant par la trappe B. On ferme la trappe, on culbute le châssis, puis on le ramène dans sa position première. Après quelques secondes de repos, on peut retirer le récipient vide sans qu'il subsiste trace de poussière.

Digitized by Google

2° *Éviter tout mouvement rapide des matières de poudre.* — A titre d'exemple des précautions à prendre dans cet ordre d'idées on indiquera le mode opératoire suivi pour la compression des matières de poudre à la presse hydraulique. Au lieu des cadres usuels de petites dimensions, on emploie des cadres plus larges et munis, sur leur pourtour, d'une rigole (*fig.* 2) destinée à recueillir la poudre qui roule des bords, pendant la compression de la

Fig. 2.

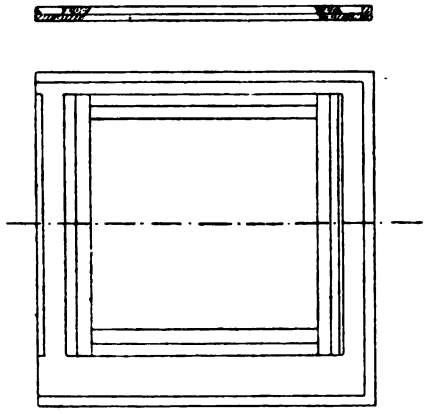
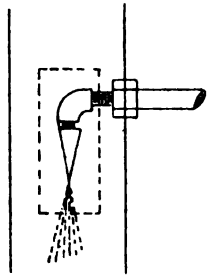


Fig. 3.



galette. On évite ainsi la dégringolade de matière de poudre, qui était une cause de production de poussières dans l'atelier de la presse hydraulique. La poudre recueillie dans la rigole est déchargée sur la table de travail, munie d'un dispositif d'aspiration des poussières.

Pour le tamisage, on ne se sert pas de tamis à secousses qui produisent des poussières, mais de tamis cylindriques à mouvement plus lent et faciles à fermer complètement.

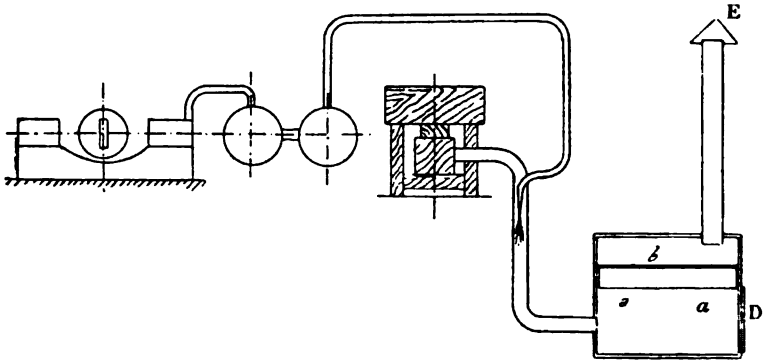
3° *Dispositifs d'aspiration des poussières.* — On ne peut employer des ventilateurs mécaniques à cause du danger d'explosion et il faut employer des aspirateurs à jet. Il suffit d'ailleurs d'appareils à une seule buse (*fig.* 3), les poussières de poudre un peu humide se fixant facilement sur les surfaces qui modifient la direction du courant d'air. En face de l'aspirateur, on dispose une porte à coulisse ou à rabattement pour le nettoyage et l'entretien.

Digitized by Google

Dans l'installation de la conduite d'aspiration, il faut se garder d'employer du fer-blanc ou de la soudure d'étain qui, dans certaines conditions, peuvent former du nitrate stanneux, susceptible de prendre feu par simple balayage des conduites. Le mieux est d'employer des tuyaux de cuivre assemblés. Suivant les moyens dont on dispose, on emploie, pour produire l'aspiration, la vapeur, l'eau ou l'air comprimé. Si l'on a le choix, le mieux est de prendre l'air comprimé. La vapeur, quand sa pression devient trop élevée, risque d'enflammer la poussière déposée sur l'aspirateur, même si celui-ci est entouré d'un isolant et, en hiver, les conduites de vapeur peuvent être détériorées par les gelées pendant les arrêts. L'eau ne peut donner que des pressions très faibles, suffisantes seulement pour les appareils à marche lente, les tamis cylindriques, etc. et, en hiver, les apirateurs à eau ont aussi l'inconvénient d'être exposés à la gelée.

Avec l'aspiration par l'air comprimé, les poussières restent sèches et il faut les recueillir. On emploie pour cela un filtre (*fig.* 4);

Fig. 4.



l'air chargé de poussières pénètre par côté dans un grand réservoir; une plaque *aa* brise le courant d'air et les poussières n'ont plus qu'une vitesse faible, quand elles arrivent au contact du filtre *b* en gaze placé au-dessus d'un couvercle. L'air débarrassé de poussières sort par E. Le collecteur de poussières est vidé de temps en temps par la porte D.

Avec un dispositif d'aspiration, il faut veiller à ce que la vitesse de l'air chargé de poussières reste faible, pour ne pas avoir un

Digitized by Google

entraînement excessif de poussières. D'autre part, pour faciliter le nettoyage des conduites et limiter les pertes, il faut placer le collecteur de poussières aussi près que possible de la source de ces poussières. Les exemples suivants montrent comment on peut y arriver :

a. Cas d'une table de préparation pour la presse hydraulique (*fig.* 5 à 7). — Un canal *c* courant autour de la table communique, d'une part, par la fente *b*, avec la surface de la

Fig. 5.

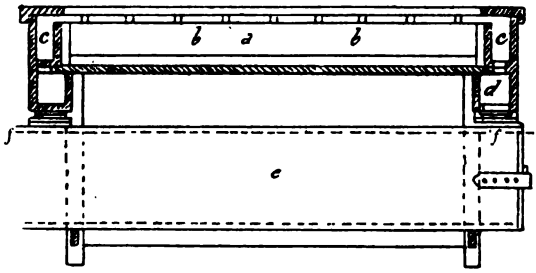
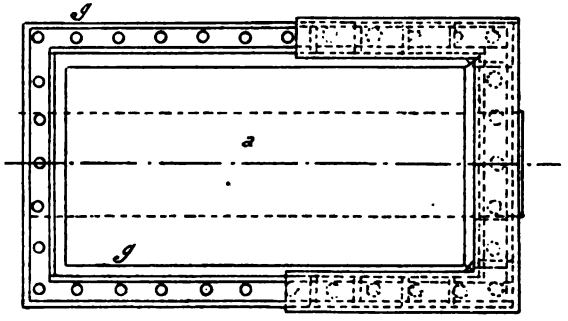


table *a* et, d'autre part, par deux conduits *f*, réglables au moyen de coulisses, avec un large canal collecteur *e*.

Fig. 6.

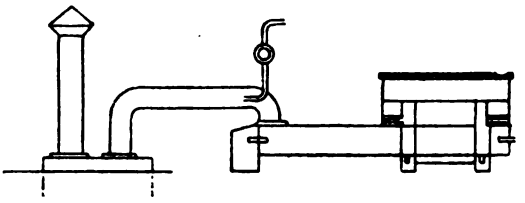


Pour mieux répartir l'effet d'aspiration, il se trouve, entre *c* et *e*, un canal de répartition *d*, relié à *c* par un certain nombre de trous *g*. Le canal collecteur peut être balayé grâce à deux portes disposées de part et d'autre, et il communique par le côté avec la

Digitized by Google

conduite d'aspiration. L'air aspiré par la fente *b* tend à faire retomber les poussières qui se sont élevées et les particules de

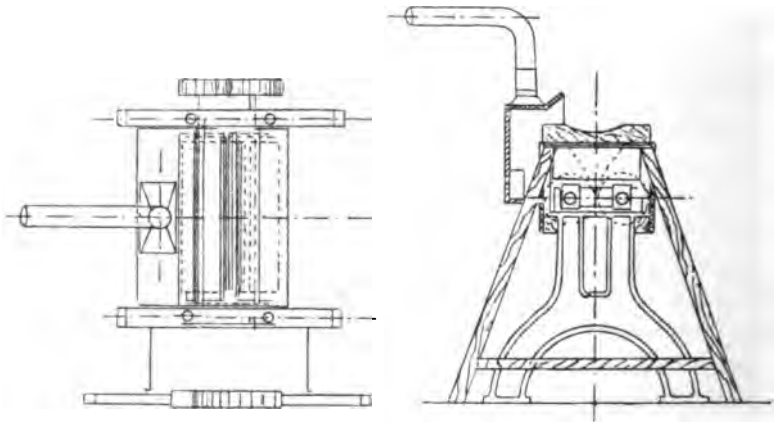
Fig. 7.



poussières qui cherchent à traverser ce courant d'air et celles-là seulement sont entraînées et envoyées dans le canal collecteur.

b. Cas d'un concasseur (*fig.* 8 et 9). — Ici, la chambre à poussières, adaptée directement à l'appareil, a une autre forme.

Fig. 8. Fig. 9.



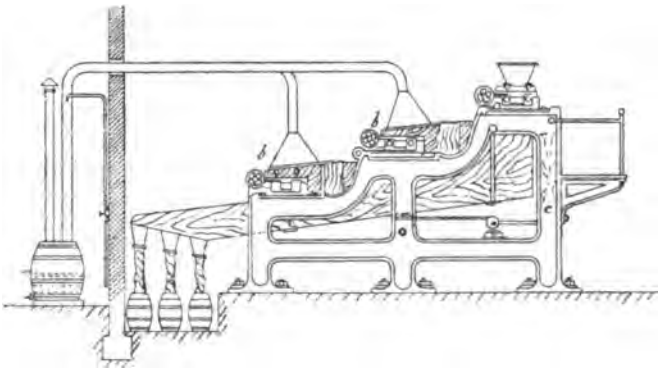
Les cylindres du concasseur sont, à l'exception des organes de mouvement, enfermés dans une caisse. La matière concassée tombe dans un baril en passant par un entonnoir qui, pour retenir la poussière, est fixé au couvercle du baril, lequel couvercle est muni de peau. La poussière produite est aspirée par une fente située en face de l'ouvrier, d'où les parties lourdes tombent dans une caisse et sont enlevées suivant les besoins.

Digitized by Google

c. Cas d'un grenoir à cylindre. — Ici il y a un tamis oscillant dont le mouvement détermine des surpressions qui chassent la poussière hors de l'appareil. Il s'agit de combattre cet effet, sans produire d'aspiration exagérée qui serait nuisible.

L'enveloppe en forme de caisse du tamis oscillant est reliée par un soufflet aux cylindres *b* fixés aux bâtis de la machine (*fig.* 10).

Fig. 10.



En arrière de la caisse du tamis, se trouve un soufflet analogue relié au bâti. De sorte que, lorsque la caisse est en mouvement, l'un des soufflets reçoit la quantité d'air refoulée de l'autre et il ne se produit plus d'expulsion de poussières au dehors. Une légère aspiration est faite dans le but de produire, dans toutes les parties non étanches de l'appareil, un léger mouvement d'air vers l'intérieur, et d'empêcher ainsi le dégagement extérieur de poussières. La conduite d'aspiration est divisée en deux parties et reliée à l'appareil par un grand entonnoir placé au-dessus des cylindres. Autrefois, un entonnoir unique de forme basse avait l'inconvénient de faire aspirer inutilement de grandes quantités de poudre. En divisant l'effet d'aspiration, le répartissant sur deux entonnoirs et employant des entonnoirs de forme haute, on a fait disparaître cet inconvénient. Pour empêcher le répandage de poudre, on a dirigé les grains de poudre depuis les tamis jusqu'aux barils au moyen de trois gaines fixées à des couvercles recouverts de peau. La peau de daim est la meilleure pour constituer ces gaines fortement secouées.

Les exemples cités ci-dessus montrent la possibilité d'arriver

Digitized by Google

à combattre les poussières de poudre noire, même dans des cas très compliqués, lorsque la source de production des poussières est connue. S'il n'en est pas ainsi et si l'atmosphère d'un atelier est envahie par des poussières provenant de sources multiples et mal déterminées, la méthode consistera à rechercher d'abord la source de poussières la plus importante et à la combattre par l'un des dispositifs précédents. On aura ainsi amélioré l'atmosphère de l'atelier, et les autres sources de poussières deviendront plus visibles et pourront être décelées et combattues de la même façon.

B. — Coton-poudre.

La fabrication du coton-poudre est satisfaisante dans son ensemble. Toutefois, certaines améliorations sont encore désirables au point de vue de l'hygiène.

Tout d'abord, le procédé de trempage en auges et pots devrait disparaître définitivement et l'on ne devrait fabriquer que par le procédé des turbines Selwig ou, mieux encore, par le procédé Thomson. La supériorité de ces deux procédés sur le procédé des auges est considérable au point de vue de l'hygiène.

L'ouvreuse Schilde, du Moulin-Blanc, devrait être ventilée. Le problème ne présente pas de difficultés spéciales, puisqu'un appareil analogue, installé à Angoulême, est muni d'un dispositif de ventilation.

Les ouvriers qui effectuent le déchargement du séchoir Pétrie, devraient être protégés contre les poussières. Une ventilation serait à étudier dans ce but.

L'oléum à 70 pour 100 employé à Angoulême donne lieu à des manipulations pénibles et devrait être remplacé par l'oléum à 20 pour 100, dont on se sert au Moulin-Blanc. D'après les ingénieurs d'Angoulême, cette substitution ne présente, au point de vue technique, aucun inconvénient ni aucune difficulté.

Mais l'amélioration la plus importante à réaliser dans les fabriques de coton-poudre est la suppression des buées aux ateliers de lavage à eau chaude du coton-poudre. Dans la saison froide et par les temps humides, ces buées sont assez abondantes pour rendre le service difficile et les ateliers réellement malsains.

Digitized by Google

Le problème de l'évacuation des buées est l'un des plus difficiles qui se présentent dans l'industrie, et il a fait l'objet d'une étude approfondie de M. Boulin, inspecteur du Travail (*Bulletin de l'Inspection du Travail,* 2 avril 1905), et de M. Frois, inspecteur départemental (*Bulletin de l'Inspection du Travail,* 1909).

On a d'abord essayé d'élever le plafond des ateliers et d'établir des lanterneaux ; mais l'air froid du dehors pénétrant par ces ouvertures, même par les temps calmes, vient former des courants d'air qui, se rencontrant avec la masse ascendante des couches plus chaudes et formées de vapeur d'eau, reforment de nouvelles buées.

Une ventilation expulsive de buées placée près de la toiture ne donne pas de meilleurs résultats ; dans ce cas, l'appel d'air se fait par les ouvertures naturelles, les portes, les fenêtres, les lucarnes, etc. ; de nouvelles buées prennent naissance au fur et à mesure que le ventilateur éloigne celles qui existaient déjà. On voudrait procéder à la formation des buées, qu'on ne s'outillerait pas autrement.

On est arrivé à supprimer les buées en chauffant de l'air et l'introduisant mécaniquement. C'est le système des aérocondenseurs : un ventilateur puissant envoie de l'air dans une grande caisse en tôle où il circule autour d'un groupe calorigène ; l'air chauffé se rend ensuite dans toutes les parties de l'atelier, au moyen d'une canalisation appropriée. Dès que les buées surviennent en un point quelconque, on ouvre une des portes disposées sur le tuyautage qui charrie l'air. En choisissant la porte la plus voisine du point de formation des buées, on voit celles-ci disparaître en quelques minutes.

Mais l'aérocondenseur a présenté, dans la pratique, des inconvénients : l'air chaud apporté dans l'atelier élève peu à peu la température à un point qui rend difficile tout travail un peu intensif. D'autre part, l'air, bien qu'exempt de buées, renferme une grande quantité de vapeur d'eau, et il résulte de vastes enquêtes faites en Belgique, en Angleterre et en France, sur la filature de lin mouillé, que le travail en milieu chaud et humide est détestable au point de vue de l'hygiène.

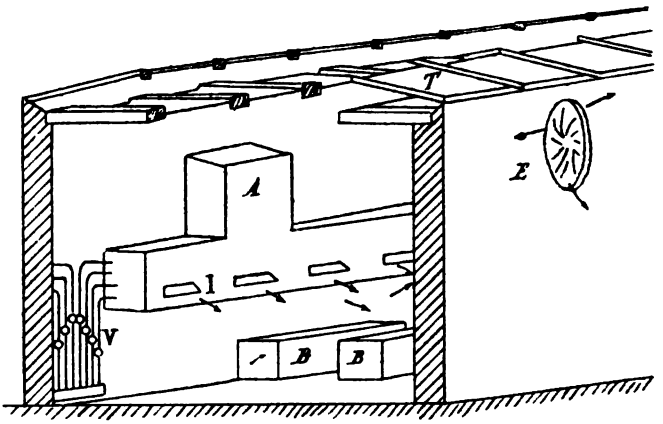
Pour que la dissipation des buées puisse se faire sans amener,

Digitized by Google

comme contre-partie, une élévation exagérée de température, les ingénieurs allemands et russes estiment que trois conditions sont obligatoires. Il est nécessaire, tout d'abord, de soustraire l'atmosphère de l'atelier à l'influence de l'air froid extérieur par une disposition particulière de la toiture et par l'emploi de matériaux assurant un bon isolement; il faut ensuite introduire de l'air sec en toute saison et chaud en hiver; en troisième lieu, on doit enlever, par aspiration mécanique, l'air qui s'est saturé d'humidité en traversant la salle. Ces trois facteurs, agissant en même temps et réglés d'une manière convenable, amènent la disparition complète des buées et provoquent un renouvellement constant de l'atmosphère du travail.

Des installations, fondées sur ces principes, ont été réalisées dans la teinturerie Gillet, à Lyon, et à la teinturerie Poiret frères, à Baligny-Saint-Epin.

Fig. 11.



Croquis de l'installation de MM. Gillet pour la disparition des buées.

A, coffre où se trouve enfermé le ventilateur injecteur d'air; *B*, barques de teinture; *E*, ventilateur servant à l'expulsion de l'air usé; *I*, ouverture par où l'air sec et chaud pénètre dans l'atelier; *V*, tuyaux de vapeur pour le chauffage de l'air injecté; *T*, toiture mi-partie maçonnerie, mi-partie vitrée.

Dans l'usine de M. Gillet, on a réuni dans une salle unique les opérations qui donnent naissance à la plus grande partie des buées. Toutes les communications directes avec l'extérieur ont été supprimées. Pour éviter la déperdition de chaleur par rayonnement

Digitized by Google

et le refroidissement de la partie supérieure de l'atelier, on a construit une toiture double, dans laquelle se trouve ménagée une couche d'air d'environ 35^{cm}. Cet atelier a une superficie de 11$^{m^2}$ et une hauteur de 5^{m}. L'air introduit est pris sur une table voisine et amené par quatre ventilateurs dans un large conduit rectangulaire en bois, adossé sur toute la longueur de la salle, côté nord, à hauteur d'homme. Dans ce conduit, sont disposés des tuyaux de vapeur commandés chacun par une valve spéciale, de manière qu'on puisse communiquer à l'air la température désirée. Sur la face du conduit qui regarde l'atelier, est aménagée une ligne d'ouvertures en forme de rectangles allongés dans le sens horizontal, par où passe l'air avant d'arriver au-dessus des barques de teinture. Les ouvertures sont munies chacune d'un panneau plein et mobile autour d'un axe central qui permet, soit d'obturer complètement l'ouverture, soit d'envoyer l'air de haut en bas, horizontalement ou de bas en haut. La fixation du panneau au point convenable est assurée très rapidement au moyen d'une chaînette.

Quant à l'expulsion de l'air usé et chargé de vapeur, elle est produite par trois ventilateurs encastrés dans le haut du mur formant le côté du mur parallèle au précédent.

D'après ces données, on voit que l'élimination des buées est chose possible, et il serait à désirer que les ateliers de lavage à eau chaude du coton-poudre dans les poudreries fussent dotés des dispositifs voulus pour assurer cette élimination.

Enfin, un dernier problème, moins urgent d'ailleurs que celui des buées, se pose dans les fabriques de coton-poudre. C'est celui de la condensation des vapeurs nitreuses qu'on se borne actuellement à diffuser plus ou moins parfaitement dans l'atmosphère, ce qui n'est pas sans inconvénients pour le voisinage. Au Moulin-Blanc, la Commission a pu constater que l'atmosphère générale de l'établissement était, par temps de brume, véritablement imprégnée de ces vapeurs acides. Il y aurait un réel intérêt à remédier à cet inconvénient.

Dans l'ancien procédé de fabrication *par auges et pots*, les vapeurs nitreuses se dégageaient librement à l'air sur de nombreux points de l'atelier, et la ventilation ne pouvait être qu'une ventilation générale remplaçant progressivement tout l'air de l'atelier, mélangé de vapeurs acides, pour empêcher le taux de ces

Digitized by Google

vapeurs de devenir trop considérable. Le problème de la condensation de vapeurs aussi diluées aurait rencontré de sérieuses difficultés.

Mais avec les procédés Selwig ou Thomson, où la plupart des vapeurs acides se dégagent en espace clos, il semble qu'il n'y aurait pas impossibilité à capter des vapeurs à un degré de concentration suffisant pour que leur condensation soit pratique, et il y aurait intérêt à étudier le problème de manière à effectuer la condensation des vapeurs nitreuses dans les fabriques de coton-poudre, comme on l'a déjà réalisée dans les fabriques de mélinite et crésylite.

C. — Poudre B.

La seule cause d'insalubrité dans les fabriques de poudre B réside dans les émanations de vapeurs d'alcool et d'éther, auxquelles donnent lieu certaines opérations de fabrication de ces types de poudres. Il existe, il est vrai, des dispositifs de ventilation dans la plupart des ateliers où s'effectuent ces opérations, mais les vapeurs d'alcool-éther sont simplement refoulées dans l'atmosphère où leur diffusion est très lente, au point que l'air voisin des poudreries à poudre B répand une odeur d'éther tout à fait caractéristique.

D'ailleurs, la végétation dans les fabriques de poudre B a une teinte spéciale. La Commission a été frappée, lors de ses visites, de la coloration noire des troncs et des branches des arbres. Cette coloration ne paraît pas nuisible aux plantes, mais elle montre que l'atmosphère qui les entoure n'a pas la composition normale.

Il y aurait grand intérêt à ne pas renvoyer dans l'atmosphère les quantités considérables de vapeurs d'alcool et d'éther produites par la fabrication des poudres B. Le problème de la condensation de ces vapeurs se pose donc, au point de vue hygiénique, tout aussi bien qu'au point de vue économique.

La Délégation a vu fonctionner, à Saint-Médard, une installation dite *de récupération* du dissolvant, qui réalisait cette condensation pendant l'essorage des rubans de poudre et permettait de récupérer plus de la moitié du dissolvant autrefois perdu dans l'atmosphère. Sans résoudre d'une façon absolue le problème de la salubrité complète des fabriques de poudres B, l'installation

Digitized by Google

de la récupération réalise un progrès considérable au point de vue de l'hygiène et il y aurait le plus grand intérêt à installer des dispositifs analogues dans les établissements qui n'en possèdent pas encore.

Quant à la condensation du restant des vapeurs d'alcool et d'éther, la Commission a pu se rendre compte qu'elle se heurtait à de grandes difficultés techniques. Toutefois, il n'y a pas d'impossibilité à la réaliser pratiquement, puisqu'il résulte de Communications faites par M. G. Claude à l'Académie des Sciences, que la condensation de vapeurs d'alcool et d'éther peut être réalisée économiquement, même quand ces vapeurs sont très diluées dans l'air, et que, d'autre part, on peut concevoir des dispositifs de captation des vapeurs d'alcool et d'éther aux centres mêmes de leur production sans diffusion préalable dans l'atmosphère.

Les ateliers de malaxage devraient être améliorés au point de vue de l'hygiène. Tout d'abord, on ne devrait pas y admettre de transvasements d'alcool et d'éther à l'air libre, mais effectuer tous les mouvements de liquides par des tuyauteries fermées, comme cela se fait déjà dans quelques établissements et, en particulier, à la Poudrerie de Saint-Médard.

De plus, il conviendrait de rechercher un type de malaxeur à déchargement automatique, pour ne plus imposer au personnel des opérations de déchargement et de pilonnage des matières qui sont réellement pénibles, malgré leur courte durée.

L'enlèvement des poudres dans les ateliers d'étirage, de découpage, de triage, d'arrivage, etc., devrait être fait très fréquemment de manière à réduire au minimum le dégagement des vapeurs éthérées. Il semble qu'il n'y ait aucune difficulté à organiser le travail pour arriver à ce résultat.

En ce qui concerne les séchoirs, les ouvriers n'y doivent pénétrer que pour les opérations de chargement et de déchargement, et ces opérations ne s'effectuent qu'après une aération locale. Bien que ces mesures suffisent, en principe, à empêcher toute action nocive, sur le personnel, de l'atmosphère chaude et chargée de vapeurs éthérées des locaux de séchage, il y aurait intérêt à perfectionner les séchoirs actuels en installant des dispositifs permettant d'effectuer les opérations de chargement et de déchargement en dehors du local chauffé. On a rendu compte à la Commission,

Digitized by Google

qu'un élève-ingénieur des Poudres (¹) avait étudié et préconisé, il y a quelques années, un type d'étuve dans lequel les casiers de séchage seraient portés par un châssis mobile sur rails. Pour le chargement ou le déchargement, on sort de l'étuve, par un mécanisme mû du dehors, le châssis porteur des casiers et on le conduit sous un abri. Au point de vue de l'hygiène, ce type serait incontestablement préférable au type actuel.

D. — Mélinite, crésylite et explosifs nitrés analogues.

Dans ces fabrications, les mouvements d'acides se font en touries et les transvasements s'effectuent par siphonnage. Il y aurait intérêt à remplacer ces dispositifs rudimentaires et à adopter, pour les mouvements d'acides, des canalisations fermées, comme il en existe dans les fabriques de coton-poudre.

Les installations qui servent à la nitration des produits sont, *théoriquement*, très satisfaisantes au point de vue de l'hygiène, les opérations de nitration s'effectuant en vases clos. Toutefois, en *pratique*, les joints laissent parfois dégager des vapeurs nitreuses. Mais c'est là un inconvénient de peu de gravité, qu'un bon entretien des appareils et une surveillance minutieuse de la conduite des opérations doivent permettre d'éviter.

Les opérations qui portent sur les explosifs nitrés à l'état sec dégagent toutes, même celles qui se font en vase clos, des poussières très irritantes. On réaliserait une amélioration hygiénique très importante en trouvant le moyen de soustraire le personnel à l'action de ces poussières autrement que par des palliatifs tels que l'emploi du masque Detourbe, employé à la Poudrerie d'Esquerdes.

Pour lutter contre ces dégagements de poussières, la Commission signale qu'il importe, tout d'abord, de limiter au minimum le nombre des opérations qui s'effectuent sur des matières sèches. Elle a constaté qu'on supprimait à peu près complètement les dégagements des poussières dans le broyage et le tamisage de la crésylite, en effectuant ces opérations sur des produits renfermant une certaine proportion d'humidité, de l'ordre de 5 pour 100. La

(¹) M. Vérola, actuellement directeur de la poudrerie de Saint-Chamas.

Digitized by Google

matière destinée au broyage est obtenue au taux d'humidité voulu, soit par coulage sous l'eau, comme au Bouchet, soit par le mélange avec de l'eau pendant le coulage, comme à Vonges. Ces modes opératoires devraient être employés dans tous les établissements.

En ce qui concerne les opérations et manipulations dans lesquelles les matières doivent se trouver nécessairement à l'état sec, le problème de la suppression des poussières se pose de la même façon que pour les poudres noires, et les dispositifs décrits précédemment, au sujet de cette poudre, fournissent la solution des divers problèmes qui peuvent se poser, à savoir : suppression des poussières dans les transvasements, dans les tamisages, dans les mélanges et même, s'il est nécessaire, dans les broyages, en admettant que l'humidification soit insuffisante pour procurer le résultat cherché.

E. — Poudres diverses.

Poudre J. — Les perfectionnements à apporter à la première partie de la fabrication des poudres J, qui comportent la production de vapeurs d'alcool et d'éther, sont ceux qui ont été indiqués pour la fabrication des poudres B, et il est inutile d'y revenir.

Les autres ateliers, qui donnent lieu à des dégagements de poussières de bichromate extrêmement irritantes, sont pourvus des dispositifs de ventilation appropriés qui paraissent suffisants au point de vue de l'hygiène.

Poudres de chasse S. M. et poudre EF. pour tir à blanc. — La Commission n'a rien à signaler au sujet de ces fabrications peu importantes et pour lesquelles les problèmes d'hygiène sont évidemment les mêmes que pour les poudres B.

Poudre de chasse T. — Indépendamment des améliorations à apporter au malaxage de cette poudre comme au malaxage des poudres B, il y aurait intérêt à étudier une ventilation efficace de l'atelier de laminage et de découpage, pour le débarrasser des vapeurs d'acétone qui s'y produisent.

Le problème est difficile à résoudre, car l'acétone se dégage par toute la surface des rubans de poudre au cours de leur laminage, et l'on ne conçoit guère de dispositif de captation directe de ces

Digitized by Google

vapeurs, compatible avec le travail à exécuter. Mais, à défaut d'autre solution satisfaisante, il semble qu'on pourrait se borner à une ventilation générale, en protégeant les ouvriers, au moyen d'un masque convenablement étudié, contre l'absorption directe des vapeurs dégagées par la poudre au moment du laminage.

Explosifs chloratés. — Les seules améliorations à signaler comme désirables dans cette fabrication sont une captation plus parfaite des poussières de chlorate dans l'atelier de broyage et tamisage et l'emploi de dispositifs plus perfectionnés que les rouleaux de pâtissier pour réaliser l'écrasement de l'explosif.

Il semble qu'on pourrait éviter le répandage de poussières de chlorate par les joints de la cage du broyeur en produisant, dans l'appareil, une légère dépression réglée de façon à éviter des entraînements appréciables de chlorate.

Quant à l'écrasement de l'explosif, il ne paraît pas impossible de le réaliser, dans des conditions de sécurité admissibles, au moyen d'appareils mécaniques convenablement étudiés.

Explosifs au nitrate d'ammoniaque. — On pourrait améliorer cette fabrication, en empêchant plus complètement le dégagement des poussières pendant les opérations de trituration, tamisage et pesage des matières. Les explosifs au nitrate d'ammoniaque ne détonant qu'avec extrême difficulté par frottement ou élévation de température, la ventilation des appareils pourrait être réalisée, semble-t-il, par les dispositifs ordinaires.

2° *Hygiène industrielle.*

A. — Infirmeries.

Dans la plupart des poudreries, les locaux destinés à l'examen et au traitement des ouvriers sont, à la vérité, un peu rudimentaires. Il en est de même du matériel de pansement et des instruments mis à la disposition des médecins de ces établissements.

Le Dr Lemoine a établi et communiqué à tous les médecins des poudreries un projet d'infirmerie, destiné à remplacer les installations actuelles.

Tous les médecins et hygiénistes ne peuvent qu'approuver cet

Digitized by Google

excellent projet, dont l'exécution constituerait une installation modèle, du type des infirmeries régimentaires modernes. Mais, en attendant la réalisation de cet idéal, réalisation qui ne pourra se faire que peu à peu, et selon des ressources budgétaires que nous n'avons pas à examiner ici, il nous semble indispensable d'utiliser au mieux et d'améliorer, dès maintenant, dans la mesure du possible, les locaux existant actuellement, ainsi que de donner immédiatement aux médecins un matériel suffisant pour faire face aux besoins urgents. Il ne faut pas oublier, en effet, que les poudreries sont, en général, éloignées des villes, et qu'il est impossible de se procurer immédiatement ce dont on pourrait avoir besoin.

A cet égard, il conviendrait, et ceci n'est qu'un minimum, de mettre à la disposition des médecins les objets suivants :

a. Instruments :

2 aiguilles de Reverdin ;
2 bistouris ;
6 pinces hémostatiques ;
1 pince à disséquer ;
1 sonde cannelée ;
1 paire de ciseaux droits ;
1 » courbes ;
1 rasoir ;
1 seringue de Pravaz en verre de 5^{cm^3} ;
2 aiguilles en platine iridié ;
2 plateaux émaillés pour flamber les instruments ;
1 bouilloire pour stérilisation des instruments ;
1 thermocautère ;
1 spéculum pour nez et oreilles ;
1 bande d'Esmarck ;
1 bock de 2^l avec canule et caoutchouc ;
1 appareil à sérum artificiel ;
1 obus d'oxygène ;
2 ballons en caoutchouc à oxygène.

b. Matériel de pansement :

6 boîtes de gaze stérilisée ;
6 » de coton stérilisé ;

Digitized by Google

12 bandes de toile ;
1 crayon de nitrate d'argent ;
2 flacons de crin de Florence ;
4 » de catgut n° 1 et n° 2 ;
2 drains en caoutchouc stérilisés ;
2 flacons de chloroforme anesthésique ;
1 tube de chlorure d'éthyle ;
Alcool à 90° ;
Ampoules de caféïne ;
» d'éther ;
» d'huile camphrée ;
» de morphine ;
» d'ergotine ;
2 blouses blanches.

B. — Création d'un emploi d'infirmier.

La proposition du Dr Lemoine, relative à la création dans chaque établissement d'un emploi d'infirmier de carrière réservé aux anciens sous-officiers de l'armée, a été reconnue utile, d'une façon unanime, par les médecins des poudreries. Cette proposition est, en effet, des plus intéressantes. Il ne faut pas oublier que les médecins des poudreries ne sont pas en permanence dans les établissements, que leur domicile est, le plus souvent, à quelques kilomètres de la poudrerie, et que leur clientèle particulière les oblige à s'absenter de chez eux, pendant une grande partie de la journée; aussi, est-il quelquefois difficile de prévenir rapidement le médecin dans certains cas graves et urgents (cas Prieur, à Vonges). La présence à la poudrerie d'un homme intelligent, capable de donner aussitôt les premiers soins aux blessés et intoxiqués, serait donc d'une très grande utilité. Peut-être même pourrait-on l'employer, entre temps, dans les bureaux de la poudrerie.

C. — Fiches sanitaires.

Reste à discuter, enfin, la proposition du Dr Lemoine, relative à l'établissement d'une statistique concernant les malades des poudreries nationales. A cette proposition, dont on ne méconnaît

Digitized by Google

pas la grande utilité, les médecins ont fait quelques objections qu'on peut résumer dans les propositions suivantes :

« Le médecin n'est pas attaché en permanence à l'établissement, il n'y vient qu'aux jours et heures fixés par sa convention pour donner des consultations et pratiquer les opérations et pansements qui ne peuvent être faits par un infirmier ; il repart aussitôt pour continuer ses visites et consultations dans les villages voisins où habitent les ouvriers afin d'y soigner ceux qui sont malades à domicile. La tenue de 400 à 500 fiches sanitaires augmenterait considérablement le travail du médecin de la poudrerie.

» Il est également très difficile d'obtenir des ouvriers des renseignements suffisamment complets pour tenir convenablement ces fiches, dont la divulgation constituerait, d'autre part, une atteinte au secret professionnel. »

Les objections formulées par le médecin des poudreries sont de valeur et méritent de retenir l'attention. Peut-être beaucoup d'entre elles tomberaient avec la création de l'infirmier. Ce dernier, devenant le secrétaire du médecin, pourrait alors le suppléer, tenir au courant les fiches dont l'établissement et la mise à jour par les médecins eux-mêmes paraît actuellement difficile à réaliser, en raison de la perte de temps qu'elle déterminerait.

3° *Hygiène individuelle et thérapeutique.*

A. — Vestiaires, bains-douches.

Les vestiaires sont convenablement aménagés dans les poudreries. Au Moulin-Blanc, un dispositif ingénieux permet de suspendre les vêtements au plafond et d'en assurer le séchage pendant le travail des ouvriers. Sous le climat humide de Bretagne, cette solution est très heureuse. Dans les autres établissements, à Saint-Médard, par exemple, les vêtements sont enfermés dans des armoires grillagées très bien comprises et l'installation est très propre.

Dans les poudreries de Sevran-Livry, Moulin-Blanc, Angoulême, Saint-Médard, Saint-Chamas, la délégation a constaté l'existence de bains-douches installés dans des conditions satisfaisantes. Il n'existe pas de bains-douches à Esquerdes ni au

Digitized by Google

Bouchet ; les installations étaient, paraît-il, en projet. A Vonges, il n'y a de bains-douches que pour les ouvriers qui travaillent à la fabrication des explosifs chloratés.

Cette organisation devrait être généralisée à tous les ouvriers poudriers.

L'usage des bains-douches est un des moyens les plus efficaces de lutter contre les intoxications quelles qu'elles soient. En Allemagne, on ajoute même l'usage d'un bain en baignoire par semaine.

B. — Hygiène générale.

II. *Hygiène individuelle et thérapeutique.* — Il y aurait lieu d'inviter les ouvriers et, au besoin, de les astreindre à observer les règlements suivants :

1° *Avant le travail.* — Revêtir, après avoir quitté tous leurs vêtements, un costume spécial pour le travail, fermant aussi hermétiquement que possible au col, aux poignets, à la ceinture, aux chevilles. La tête sera recouverte d'une capote en toile.

2° *Avant chaque repas.* — Nettoyage soigné et prolongé de la figure et des mains avec savon et eau chaude.

3° *A la fin du travail.* — Déshabillage complet. Bain-douche. Même nettoyage des mains et du visage.

Outre ces précautions générales, applicables à tous les poudriers, sans distinction d'établissement ni d'ateliers, il y a lieu d'ajouter certaines mesures spéciales, variables avec le travail effectué.

C. — Hygiène spéciale et thérapeutique.

1. *Poudres au bichromate.* — Nous avons montré l'action corrosive des poussières de bichromate sur la peau et les muqueuses. Il y aurait lieu de mettre les ouvriers à l'abri de ces accidents par les mesures suivantes :

a. Vérification fréquente de l'état de la peau des mains et des bras. Éloigner des ateliers jusqu'à guérison les ouvriers présentant des lésions cutanées, aussi minimes soient-elles.

b. Lavages fréquents des mains et de la figure avec une solution d'un sel de bismuth, carbonate de bismuth, par exemple, destiné à transformer les poussières de chlorate, toxiques, en chlorate de

Digitized by Google

bismuth inoffensif; on peut également employer un sel de zinc ou de chaux (hyposulfite de zinc ou de chaux).

c. L'usage de gants est également à recommander, mais les ouvriers emploient rarement ces moyens de protection. On pourrait leur conseiller, comme pis-aller, de se protéger les mains, les bras et même le visage en les enduisant de vaseline pure, mise à leur disposition.

L'emploi du masque est en général mieux supporté. Le masque Detourbe, en usage actuellement dans les poudreries, est le plus pratique, les autres ayant le défaut, en cas de dégagement de vapeurs, de les condenser à l'intérieur. On pourra conseiller aux ouvriers qui ne portent pas de masque, de placer dans les narines et entre les dents, un tampon de coton salicylé, destiné à empêcher le passage des sels de chrome. (C'est au moins une pratique recommandée et couramment employée dans l'industrie.)

2. *Acide picrique.* — Mêmes mesures de protection des mains et du visage. Les auteurs allemands conseillent de remplacer l'emploi des sels de bismuth et le coton salicylé par une solution à 2 pour 100 de teinture de myrrhe.

L'usage des boissons alcooliques devra, de plus, être sévèrement proscrit dans les ateliers où se manipule l'acide picrique.

3. *Chlorate de potasse.* — La manipulation du chlorate de potasse n'exige pas de précautions spéciales. Seules les brûlures sont à redouter lorsque les vêtements des ouvriers sont imprégnés de poussières de ce sel. C'est donc dans ces ateliers qu'il y a le plus d'intérêt à employer des vêtements en toile ou en lasting.

4. *Vapeurs d'alcool-éther.* — La manipulation des poudres dégageant des vapeurs d'alcool ou d'éther n'implique pas de mesures thérapeutiques spéciales. Le seul moyen d'éviter les intoxications consiste, en effet, ainsi que nous l'avons vu plus haut, à assurer, d'une part, l'évacuation rapide des vapeurs, et, d'autre part, à en diminuer le dégagement.

5. *Vapeurs de dinitrotoluène.* — Mêmes remarques que ci-dessus. Il serait bon cependant d'éliminer des ateliers, dans lesquels se manipule cette substance, les ouvriers présentant des

Digitized by Google

signes d'alcoolisme chronique. Nous avons vu, en effet, dans un Chapitre précédent, que l'alcool augmentait d'une façon notable la toxicité du dinitrotoluène.

6. *Vapeurs nitreuses.* — Là encore, le meilleur moyen d'éviter les accidents consiste dans l'évacuation rapide des vapeurs dégagées; nous avons vu au début de ce Chapitre comment on pourrait y parvenir.

On a proposé en Allemagne, en cas de production anormale de vapeurs nitreuses, de neutraliser ces vapeurs en dégageant dans les ateliers un gaz alcalin (ammoniaque, par exemple).

Piest propose, dans ce but, de vaporiser dans les ateliers une solution d'ammoniaque dans la proportion de 10 pour 100.

En cas d'accidents causés par les vapeurs nitreuses, on a conseillé, en France (*Circulaire* du 8 septembre 1909), de traiter les ouvriers intoxiqués, en leur faisant respirer de l'oxygène et ingérer de l'eau chloroformée. Depuis la mise en vigueur de cette circulaire, ce traitement n'a pas eu, croyons-nous, à être employé dans les établissements français. En Allemagne et en Autriche, où l'emploi de l'eau chloroformée a été préconisé également, les résultats n'ont pas toujours été favorables. La plupart des médecins des poudreries allemandes considèrent même actuellement ce traitement comme inefficace; certains comme dangereux; ils appuient leur opinion sur ce fait que la quantité de chloroforme mêlée à l'eau serait trop faible pour avoir une action utile sur l'organisme. Ce remède serait seulement capable, à leur avis, d'atténuer la toux quinteuse au début de l'intoxication. L'inhalation d'oxygène est, par contre, considérée d'une façon unanime comme un excellent moyen thérapeutique; certains auteurs emploient même, pour ces inhalations, de l'oxygène sous pression.

Les vapeurs nitreuses déterminant des accidents, à la fois par leur action directe sur les muqueuses respiratoires et digestives et par les modifications qu'elles font subir au sang (transformation de l'oxyhémoglobine en hémoglobine oxyazotée, formation de méthémoglobine, etc.), les moyens thérapeutiques à employer pour lutter contre cette intoxication devront donc s'opposer à ces deux variétés d'accidents.

1° Contre l'atteinte directe des muqueuses, on a proposé de

Digitized by Google

faire des pulvérisations dans le pharynx et le larynx avec un liquide alcalinisé (eau de chaux, par exemple), additionné de calmants énergiques (laurier-cerise, teinture d'aconit, teinture d'opium, cocaïne, etc.).

2° Contre les modifications et altérations du sang, on a conseillé d'administrer, par ingestion, de l'eau glacée fortement alcalinisée avec du bicarbonate de soude ou de l'oxyde de magnésie, afin de neutraliser l'acidité possible du sang et calmer en même temps l'action caustique sur les muqueuses.

3° Dans tous les cas, enfin, on devra faire respirer au malade de grandes quantités d'oxygène pur, pour lutter à la fois contre les modifications du sang et contre l'asphyxie possible. En cas d'asphyxie rapide, l'emploi de révulsifs sur le thorax (ventouses, sinapismes) est indiqué. On pourra même, dans les cas graves, recourir à une saignée abondante suivie d'une injection de sérum artificiel alcalin (sérum au bicarbonate de soude, par exemple). Les médecins italiens conseillent encore, lorsque les accidents aigus sont calmés, de faire prendre au malade de fortes doses de salicylate de soude et d'extrait liquide de Jaborandi en boissons chaudes; les jours suivants, ils prescrivent, suivant les cas, des expectorants et des balsamiques aux malades qui présentent des lésions bronchiques, un purgatif léger à ceux qui ont des troubles gastro-intestinaux.

Tels sont, à notre avis, les moyens thérapeutiques qu'il conviendrait d'employer en cas d'intoxication déclarée.

Ce sont ceux qui, jusqu'à présent, ont donné les meilleurs résultats.

CONCLUSIONS.

Dans les Chapitres qui précèdent je me suis longuement étendu sur les causes d'insalubrité rencontrées dans l'industrie des poudres et explosifs, sur les différentes intoxications susceptibles de se produire au cours de la fabrication et sur l'utilité de certaines améliorations à apporter dans les installations des poudreries.

Digitized by Google

Il ne faudrait pas conclure de cet exposé que l'industrie des poudres et explosifs est particulièrement insalubre, et que le travail dans les ateliers des poudreries est de nature à compromettre gravement la santé des ouvriers.

En fait, les ateliers dans lesquels ont été relevées les causes d'insalubrité sont en faible proportion et constituent, non pas la règle, mais l'exception. De même, si les sources d'intoxication sont *multiples*, les signes par quoi ces intoxications se manifestent sont, en général, peu graves, passagers et facilement curables. Quant aux cas *mortels*, il se sont toujours produits, *non pas au cours d'un travail normal*, mais à la suite d'accidents de fabrication tels que prises en feu de pots de coton-poudre ou engorgement d'appareils de rectification d'éther. *Ce sont donc des accidents de travail*, de nature exceptionnelle, et qu'il est à peu près impossible d'éviter dans une industrie chimique quelle qu'elle soit.

Dans son ensemble, la fabrication des poudres et explosifs est donc satisfaisante au point de vue de l'hygiène et la Délégation spéciale qui a visité les poudreries a été favorablement impressionnée par les conditions de travail dans la plupart des ateliers.

La Délégation a pu constater que des améliorations considérables avaient été réalisées progressivement dans les établissements du service des poudres. Il y a 25 ans, dans les débuts de la fabrication des explosifs modernes (coton-poudre, poudre B, mélinite, crésylite), les poudreries ne disposaient que d'installations rudimentaires, sans dispositifs de ventilation et les ateliers étaient presque intenables du fait du dégagement très considérable des vapeurs et des poussières. Aujourd'hui, les installations du début ont à peu près disparu pour faire place à des installations perfectionnées comportant des appareils clos pour limiter les dégagements de vapeurs et de poussières, des dispositifs de ventilation pour entraîner au dehors les petites quantités de produits nocifs qui se dégagent dans les ateliers, et même des systèmes de condensation pour récupérer soit les vapeurs d'alcool-éther dans les fabriques de poudres B, soit les vapeurs nitreuses dans les fabriques de mélinite et de crésylite.

Les Contrôleurs de l'administration de l'Armée, chargés de l'inspection du travail dans les poudreries, ont donné une impul-

Digitized by Google

sion très vive aux perfectionnements relatifs à l'hygiène en signalant les moindres défectuosités des installations et en réclamant d'une façon pressante le remaniement des ateliers trouvés malsains ou insalubres.

Toutefois, il reste encore des progrès à réaliser, tant au point de vue technique qu'au point de vue médical, et c'est l'étude de ces progrès qui a fait l'objet du présent Rapport.

Au point de vue technique, j'ai signalé comme désirables tout un ensemble d'améliorations dont quelques-unes seulement présentent un réel caractère d'urgence : telles sont les installations de récupération de dissolvant dans les fabriques de poudres B, l'assainissement des ateliers de lavage à eau chaude dans les fabriques de coton-poudre, l'enlèvement des poussières dans les ateliers à mélinite et crésylite. Les autres pourraient, sans grands inconvénients, n'être réalisées que peu à peu, au fur et à mesure des disponibilités budgétaires. Telles sont en particulier les installations de ventilation dans les ateliers à poudre noire, la condensation des vapeurs nitreuses dans les fabriques de coton-poudre.

La Commission ne se dissimule pas que les améliorations, même les plus urgentes, nécessiteront des études techniques dont quelques-unes seront particulièrement délicates et ne pourront guère être effectuées qu'après augmentation du nombre actuel des ingénieurs des poudres, reconnu par tous très insuffisant. Il est vraisemblable, d'après les explications fournies par M. le Ministre de la Guerre à la tribune du Sénat dans la séance du 31 mai 1912, que cette augmentation des cadres sera effectuée à bref délai, et qu'à ce moment rien ne s'opposera plus à la mise au point et à la réalisation des perfectionnements techniques envisagés par la Commission.

Au point de vue médical et hygiénique, je crois devoir insister sur les faits suivants :

1° Si, dans quelques poudreries, des bains-douches, des vestiaires, etc., ont déjà été convenablement installés, il n'en est pas de même encore dans tous les établisements et il y aurait intérêt à généraliser le plus rapidement possible ces installations, car elles constituent une amélioration importante au point de vue de l'hygiène du personnel ouvrier.

Digitized by Google

2° S'il paraît difficile de construire immédiatement dans toutes poudreries des pavillons spéciaux pour le service médical, il serait cependant à souhaiter que les locaux actuellement existants fussent aménagés d'une manière suffisante pour satisfaire aux éventualités médico-chirurgicales les plus importantes.

3° Il faudrait également et le plus tôt possible doter les médecins d'un outillage chirurgical convenable et d'un matériel de pansement assez complet pour faire face, tout au moins, aux cas d'urgence.

4° Il me paraît enfin qu'il y aurait lieu de désigner, dans chaque poudrerie, un homme intelligent et instruit, capable d'assister le médecin en qualité d'infirmier, l'aidant pendant sa visite et le suppléant au besoin pendant son absence.

5° Dès que le poste d'infirmier sera créé, il sera alors possible de mettre en vigueur le système des fiches sanitaires demandé par la Commission et qui, seul, permettra d'obtenir, dans l'avenir, des statistiques sérieuses et utiles, visant surtout les accidents professionnels et leur retentissement immédiat ou éloigné sur l'organisme.

Paris, le 8 juin, 1912.

Le Rapporteur :
Signé : COURTOIS-SUFFIT.

Adopté par la Commission d'Hygiène des Poudreries
dans sa séance du 8 juin 1912.
Le Président :
Signé : ROUX.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION

DES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

PENDANT L'ANNÉE 1911 (1).

(Extraits.)

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1911.

Ce Rapport, établi conformément à l'article 4 du Décret constituant la Commission des substances explosives, comprend :

1° *L'Analyse des Rapports adressés au Ministre pendant l'année* 1911 ;

2° *La Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des Rapports établis pendant l'année 1911.

RAPPORT N° 234. — *Sur l'étude d'un dépôt de dynamite de* 50^{kg}.

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale ;
Rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 8 mai 1909, M. le Ministre de la Guerre, en signalant que la contenance des dépôts de 2^{e} catégorie, que

(1) *Voir* **1** 432, **2** 573, **3** 171, **4** 205, **5** 68, **6** 211, **7** 139, **8** 60, **9** 118, **10** 17, 284, **11** 47, 220, **12** 43, 115, **13** 141, 267, **14** 26, 176, **15** 117, 175 et **16** 52 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1910.

Digitized by Google

peuvent autoriser directement les préfets dans les départements, a été portée de 25^{kg} à 50^{kg}, a prié la Commission d'examiner les conditions dans lesquelles pourraient être autorisés des dépôts en béton de 50^{kg}, analogues aux dépôts de 25^{kg} précédemment étudiés (Rapport n° **212**).

La Commission a d'abord cherché à utiliser directement les résultats obtenus dans l'étude du dépôt de 25^{kg}, et a fait construire un dépôt de 50^{kg}, formé de deux dépôts de 25^{kg} accolés, les deux caisses étant placées sous le remblai à un intervalle de 1^{m}, ce remblai étant élargi de $1^{m},86$. On espérait ainsi éviter la transmission de la détonation d'une caisse à l'autre et, pour éviter la propagation du feu par le couloir d'accès, celui-ci avait été fermé en son milieu par un mur en terre de 1^{m} d'épaisseur.

L'une des caisses ayant été amorcée au fulminate, la détonation ne s'est pas transmise à la seconde, mais les projections se sont produites du côté de la caisse amorcée, à une plus grande distance que dans le cas du dépôt simple de 25^{kg}.

Les projections importantes se sont localisées dans un rayon de 50^{m}; entre 50^{m} et 100^{m}, une trentaine de petits débris de fascinage ou de petits éclats de sapin ont été dispersés et une vingtaine entre 100^{m} et 150^{m}. Mais une traverse de 68^{cm} de longueur, provenant du coffrage-abri, et un piquet de 1^{m} de longueur ont été projetés respectivement à 210^{m} et 240^{m}, et auraient pu causer des blessures importantes.

A la suite de l'essai précédent, un nouveau type de dépôt a été étudié, dans lequel les grosses pièces de bois étaient supprimées, au moins dans le voisinage de l'explosif, et où les deux caisses de dynamite étaient réunies dans un même coffre en béton. On a supprimé les gonds de la porte et le fascinage n'a été conservé qu'aux extrémités du couloir de chargement; au voisinage du dépôt proprement dit, ce fascinage a été remplacé par de la tôle ondulée, maintenue par des tirants en fil de fer; enfin, dans le plan vertical de la porte, cette tôle elle-même a été remplacée par un grillage métallique soutenant un mur de gazon à paroi verticale. L'abri pour le service du dépôt a été obtenu à l'aide d'une feuille de carton bitumé fixée sur un treillage métallique reposant sur deux merlons. Le prix de ce dépôt s'élèverait aux environs de 400^{fr}.

L'une des caisses ayant été amorcée comme précédemment, les

Digitized by Google

deux caisses ont détoné complètement. Des projections très importantes ont été recueillies jusqu'à 55^{m}; au delà, jusqu'à 70^{m}, quelques projections moins importantes ont été également recueillies et, entre 70^{m} et 100^{m}, les projections ne sont plus que de médiocre importance et deviennent nulles ou négligeables à partir de 100^{m}. Ces projections sont donc celles que la Commission pense qu'on peut prévoir dans la détonation d'un dépôt de ce type.

La Commission a fait observer qu'il n'a été fait que deux essais, dont un avec le premier type, abandonné, dont la seule infériorité sur le second type n'a d'ailleurs consisté que dans la projection anormale de deux pièces de bois à 210^{m} et 240^{m}.

Elle n'a toutefois retenu que le deuxième type de dépôt étudié, et elle a fait connaître que des dépôts plus avantageux au double point de vue de la sécurité et de l'économie, pourraient être vraisemblablement exécutés, mais que de nouveaux types ne sauraient être recommandés qu'à la suite d'une expérimentation nouvelle et que leur étude ne deviendrait réellement intéressante que si les zones de servitude spécifiées ci-dessus étaient considérées comme excessives par les parties intéressées.

Rapport n° 235. — *Sur les fusées grêlifuges présentées par M. Paître.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale; Rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 2 février 1911, M. le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission une demande formulée par M. Paître, artificier à Marseille, sollicitant l'autorisation de fabriquer quatre types de fusées grêlifuges.

Dans l'étude de ces fusées, la Commission ne s'est préoccupée que de la sécurité d'emploi et de l'observation du monopole.

Douze fusées de chaque type ont été reçues par la Commission et, d'après la description donnée par le fabricant, chaque engin se compose de trois parties : le corps de la fusée, l'explosif contenu dans le pot de fusée et le détonateur. Les deux premières parties sont réunies ; le détonateur, expédié à part, est mis en place au moment de l'emploi.

Digitized by Google

La composition fusante formée de pulvérin, soufre et charbon, est comprimée, avec massif et vide central, dans un fort tube de carton.

Le pot est constitué par un tube de carton épais s'emboîtant sur le corps de la fusée et collé sur ce dernier. Il contient une charge variable de cheddite. Une mèche de communication part du massif et aboutit à la partie inférieure d'une petite capsule métallique, dont le rôle est d'assurer la transmission du feu au détonateur. Une cheville en bois est enfoncée dans la cartouche d'explosif, où elle ménage le logement du détonateur et obture en même temps l'orifice du pot de fusée. Enfin, dans l'axe de la cartouche d'explosif, on introduit à l'avance un bout de cordeau au trinitrotoluène pour augmenter la vitesse de détonation.

Le détonateur, chargé de 2^g de fulminate, est muni d'une forte mèche à pulvérin ; il est fermé à l'extrémité, généralement ouverte, et porte des évents latéraux pour la communication du feu. Un épaulement permet de l'appuyer sur les bords de l'orifice de la capsule métallique à la profondeur voulue, après avoir enlevé la cheville en bois dont il est parlé ci-dessus.

D'après le pétitionnaire, dans les fusées adressées à la Commission, les capsules métalliques et les détonateurs avaient été façonnés rudimentairement à la main, mais il ajoutait que leur fabrication serait plus soignée pour des livraisons importantes.

Dix engins de chaque type ont été tirés à Achères, une fusée a a été réservée pour être conservée comme type à la Poudrerie de Sévran; la dernière a été démontée et examinée.

Dans cet examen, les caractéristiques de chaque type ont été relevées; elles sont insérées dans le texte du Rapport.

L'explosif détonant employé est une cheddite n° 2, de la Société universelle d'Explosifs, dont la composition est la suivante :

Chlorate de potasse.....	79	100.
Solution huileuse.....	21	

Les tirs d'épreuves ont été exécutés en vue de connaître si, dans son état actuel, la fabrication du pétitionnaire était suffisamment bien réglée pour produire des engins fonctionnant régulièrement.

Il résulte de ces essais que l'allumage du détonateur n'est pas

Digitized by Google

suffisamment assuré, et qu'il pourrait se produire des accidents graves dans l'emploi de ces engins.

En résumé, les fusées présentées par M. Paître sont les premières qui réalisent la séparation de la fusée et de son détonateur pendant le transport.

A plusieurs reprises, la Commission avait déjà insisté sur l'intérêt que présenterait l'adoption de tels dispositifs pour les fusées chargées d'explosifs détonants; mais les essais pratiques ont montré que la fabrication du pétitionnaire n'était pas encore suffisamment bien réglée pour assurer l'allumage du détonateur et éviter la chute des charges explosives amorcées au fulminate dans le voisinage des stations de tir.

En conséquence, la Commission a été d'avis de subordonner l'autorisation de fabrication demandée à la présentation de nouveaux échantillons fonctionnant plus régulièrement.

Rapport n° 236. — *Sur la coloration des explosifs au nitrate d'ammoniaque.*

(Étude confiée à la 1re Section; Rapporteur : M. Dautriche.)

La Société française des Poudres de sûreté ayant protesté contre la coloration au vert malachite de l'explosif N n° 1*c*, le dossier de cette réclamation a été communiqué à la Commission par M. le Ministre de la Guerre, à la date du 6 avril 1910, pour examen et avis.

Dans sa protestation, la Société des Poudres de sûreté se base sur des réclamations qui lui ont été adressées par plusieurs de ses clients, et d'après lesquelles l'explosif coloré serait moins puissant ou détonerait moins facilement que l'explosif ordinaire; elle signale en outre que, par suite d'une moins bonne agglomération de la matière colorée, le rendement de ses machines de compression aurait diminué de près de 50 pour 100, et elle demande de suspendre la fabrication de la poudre N n° 1*c* colorée.

Par dépêche ministérielle du 22 avril 1910, la Commission a reçu communication d'un extrait de Rapport de M. l'Ingénieur en chef Bruley, signalant certains inconvénients de l'explosif coloré au vert malachite.

Par lettre du 5 juillet 1910, la Société française des Poudres de

Digitized by Google

sûreté a communiqué à la Commission les résultats d'épreuves comparatives exécutées à Saint-Denis et au polygone du Hoc sur des échantillons de poudres N n° 1 *c* colorées ou non colorées. Les épreuves auraient toujours accusé une infériorité, souvent négligeable, d'ailleurs, de la poudre verte.

L'addition du vert malachite dans la poudre N n° 1 *c* ayant été supprimée provisoirement, conformément aux propositions faites par la Commission dans une lettre du 22 avril précédent, une nouvelle dépêche ministérielle du 24 juin 1910 a modifié la question primitivement posée. Sur la proposition de M. le directeur de la Poudrerie d'Esquerdes, la coloration artificielle des poudres N devait porter, non sur le type N n° 1 *c*, mais sur les deux types 1 *a* et 1 *b*, dont le premier serait coloré au vert méthylène B et le second à la rhodamine 3.G.

La dépêche ministérielle signalait en outre que l'Administration des Travaux publics attachait un grand intérêt à cette distinction des grisounites par leur coloration.

Enfin, une dépêche ministérielle du 10 février 1911 communiquait à la Commission une Note de la Poudrerie d'Esquerdes, rendant compte d'essais effectués sur des explosifs du type N, colorés ou non colorés, et desquels il ressortait que la sensibilité de ces explosifs ne paraissait nullement éprouvée par l'incorporation des colorants.

Les essais entrepris par la Commission ont porté sur des échantillons, colorés ou non colorés, des trois types d'explosifs N n° 1 *c*, n° 1 *a* et n° 1 *b*, et, bien que l'avis de la Commission ne fut demandé que sur la coloration des poudres 1 *b* et 1 *a*, à la rhodamine et au vert méthylène, elle a néanmoins étudié la poudre N 1 *c*, au vert malachite, qui avait fait l'objet des réclamations de la Société française des Poudres de sûreté.

Ces essais ont consisté dans l'étude de la stabilité de la coloration, de l'hygroscopicité, de la puissance, de la sensibilité et, enfin, de la résistance à l'écrasement des matières comprimées.

Il résulte de ces essais que la Commission n'a pas constaté d'infériorité de puissance ni de sensibilité des poudres N 1 *c*, N 1 *b* et N 1 *a*, colorées au vert malachite, à la rhodamine et au vert méthylène vis-à-vis des types actuels. Les deux derniers colorants lui ont paru suffisamment stables et les matières correspondantes

Digitized by Google

ne lui ont pas semblé devoir causer de difficultés d'agglomération dans la fabrication des cartouches comprimées.

Dès lors, étant donné le grand intérêt qu'attache l'Administration des Travaux publics à la distinction des grisounites, la Commission a été d'avis d'adopter les propositions de la Poudrerie d'Esquerdes pour la coloration des poudres N 1 *a* et N 1 *b*.

Rapport n° 237. — *Sur l'explosif chloraté « Minélite »*.

(Étude confiée à la 1re Section; Rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 26 novembre 1910, M. le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'une demande formée par M. Gounon, industriel à Paris, à l'effet d'obtenir la fabrication par l'État d'un nouvel explosif au chlorate de potasse, dénommé *Minélite*.

M. le Ministre demandait l'avis de la Commission sur les garanties présentées par cet explosif, en ce qui concerne la fabrication, la conservation et l'emploi.

Trois types de minélites étaient proposés aux dosages suivants :

	A.	B.	C.
Chlorate de potasse	90	90	89
Huile lourde de pétrole	3	»	»
Vaseline	»	3	4
Paraffine	7	7	5
Brai	»	»	2

La minélite se rapprochait donc beaucoup de l'explosif O n° 4, récemment mis en vente par l'État avec la composition suivante :

Chlorate de potasse	90
Paraffine	10

D'après le dossier communiqué, la fabrication de la minélite peut se faire soit comme celle des cheddites, soit en malaxant à chaud, à 80° environ, les éléments combustibles et comburants; on obtient ainsi un explosif un peu moins cher que la cheddite, de puissance comparable, et qui présente le grand avantage de ne pas dégager de gaz toxiques pour les ouvriers pendant la fabrication, ni pour les mineurs à la suite de son explosion; enfin, la

Digitized by Google

minélite présente une plus grande insensibilité aux chocs et les types A et B sont tout à fait incombustibles.

La Commission a reçu pour ses essais 10^{kg} de chacun des trois types de minélite, comprenant chacun 4 flacons de 1^{kg} de grains, 4 flacons de 1^{kg} de poussier, 20 cartouches de 50^{g} de grains et et 15 cartouches de 65^{g} de poussier. Ces échantillons ont été examinés et analysés.

La Commission a ensuite soumis ces échantillons aux essais de combustion et de puissance dans le bloc de plomb; elle a mesuré leurs vitesses de détonation, leur sensibilité à l'amorce de fulminate et leur compressibilité; enfin, elle a calculé le chiffre approximatif de leur prix de revient.

Il résulte de ces essais que, par leur compression, leur incombustibilité, leur puissance et leur prix de revient, les minélites sont très voisines de l'explosif O n° 4, mais elles sont un peu plus compressibles et leurs densités limites sont un peu plus faibles.

En conséquence, la Commission a été d'avis que ces deux explosifs (minélite et explosif O n° 4) présentent sensiblement les mêmes garanties en ce qui concerne la fabrication et la conservation, mais que la modification apportée au dosage de l'explosif O n° 4 entraîne une diminution de son aptitude à la détonation.

Rapport n° 238. — *Sur un nouvel explosif appelé « Titanite ».*

(Étude confiée à la 1re Section; Rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 7 mai 1910, M. le Ministre de la Guerre a demandé à la Commission de lui faire connaître son avis sur la suite à donner à une demande formée par la Société d'études *Titanite*, en vue d'obtenir la fabrication et la mise en vente par l'État d'un nouvel explosif à base de nitrate d'ammoniaque, appelé *Titanite*.

Les six formules suivantes étaient proposées :

		Titanite WII. pour 100	Titanite IIIP. pour 100
Titanites antigrisouteuses pour mines de charbon.	Nitrate d'ammoniaque.....	87	87
	Charbon de curcuma.....	6	6
	Trinitrotoluène.....	7	4
	Sel de cuisine.....	»	3

Digitized by Google

		Titanites			
		1ª E. pour 100	1ᵇ E. pour 100	1 A. pour 100	1 C. pour 100
Titanites fortes, pour autres mines, travaux, etc.	Nitrate d'ammoniaque....	78	83	81	82
	Charbon de curcuma.....	10	6	5,5	2
	Trinitrotoluène.....	12	11	13,5	12
	Dinitrotoluène.....	»	»	»	4

Les titanites sont donc des mélanges de nitrate d'ammoniaque, de charbon de curcuma et de trinitrotoluène.

Le charbon de curcuma est obtenu par la carbonisation à basse température de la racine de curcuma brut provenant des Indes anglaises ; il donne sa teinte rouge à l'explosif. Son prix de revient serait voisin de 60^{fr} les 100^{kg}.

Le trinitrotoluène employé fond à 74° ; l'usine de Trencsen l'achète en Allemagne à 150^{fr} environ les 100^{kg}.

La trituration se fait, pendant 1 heure à 2 heures, dans des tonnes en fer au moyen de boules roulant librement. Le mélange ainsi obtenu est ensuite séché et encartouché.

Pour son étude, la Commission a éliminé les deux premiers types de titanite, étant donné que la composition centésimale du produit ne pouvait guère être régulière et que les garanties étaient insuffisantes au point de vue de la température de détonation, base de la réglementation actuelle pour les mines grisouteuses. L'étude a donc été limitée aux quatre titanites fortes, qui sont des explosifs à combustion à peu près complète, et qui diffèrent surtout par leur teneur en charbon de curcuma.

Les échantillons présentés possèdent deux propriétés physiques intéressantes. Ils sont complètement pulvérulents et homogènes sans compression, tandis que l'explosif N n° 1 *c* contient une assez forte quantité de grains et, sauf une âme pulvérulente, est comprimé à la presse pour l'encartouchage ; cependant, les densités des cartouches ainsi réalisées sont peu différentes et le mode d'encartouchage des titanites permet d'économiser sur les frais d'encartouchage.

Les essais ont, en outre, mis en évidence les trois conclusions suivantes :

1° Dans la bombe ou dans le bloc de plomb, les quatre titanites

Digitized by Google

ont présenté sensiblement la même force que l'explosif N n° 1*c*.

2° Elles ont été trouvées un peu plus sensibles à l'amorce que ce dernier explosif; pour des produits secs, l'amélioration obtenue s'est traduite par un accroissement d'environ 0,15 de la densité limite ; pour des produits humides, elle se traduirait par un accroissement correspondant des humidités limites.

3° Les titanites présenteraient moins de sécurité que l'explosif N n° 1*c*. Le type 1ª E, bien que transmettant difficilement l'explosion par choc, se rapprocherait beaucoup de la cheddite par la vitesse à laquelle il transmet la flamme ; les autres types seraient intermédiaires entre les cheddites et l'explosif précité. La vitesse de transmission de la flamme a été d'autant plus grande que la proportion de charbon de curcuma était plus élevée, et l'on a été ainsi conduit à ne pas attribuer aux explosifs qui contiennent ce produit le même caractère de sécurité qu'aux explosifs actuels du type N.

En résumé, les quatre types d'explosifs retenus par la Commission parmi ceux présentés par la Société d'études *Titanite*, sont des produits intéressants, présentant à peu près le même prix de revient et la même puissance que les explosifs Favier. Ils présentent sur ceux-ci l'avantage d'être un peu plus sensibles à l'amorce, mais l'introduction de charbon de curcuma augmente l'inflammabilité et semble faire perdre aux mélanges qui en contiennent le caractère d'explosif de sûreté.

La Commission a pensé, d'autre part, qu'il y aurait intérêt à reprendre l'étude des explosifs du type N à base de trinitrotoluène. Le trinitrotoluène employé devrait être d'un prix de revient assez bas pour ne pas accroître sensiblement le prix de vente des explosifs, et il devrait se substituer totalement aux nitronaphtalines des types actuels.

Rapport n° 239. — *Sur un type de dynamite-gomme au nitroglycol.*

(Étude confiée à la 1re Section; Rapporteur : M. Dautriche.)

Dans son Rapport n° 232, la Commission avait été d'avis d'autoriser la fabrication des dynamites au nitroglycol présentées par

Digitized by Google

la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques, mais elle avait en même temps estimé que l'autorisation de fabriquer la gomme-potasse au nitroglycol devait être subordonnée à la présentation d'un nouvel échantillon exsudant moins facilement sous l'action de la chaleur que le premier échantillon présenté.

La Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques, informée de la restriction apportée à l'autorisation générale de fabriquer les nouveaux types au nitroglycol, a envoyé à l'examen de la Commission le nouvel échantillon dont la composition était la suivante :

Nitroglycérine	66,40	
Dinitroglycol	16,60	
Coton nitré	5,00	100
Nitrate de potasse	10,00	
Cellulose	2,00	

Cette dynamite diffère de la gomme-potasse ordinaire par la substitution de 16,6 parties de dinitroglycol à une égale proportion de nitroglycérine.

Les épreuves de chaleur exécutées, comme précédemment, à la température de 38°-40°, ont montré que le nouvel échantillon n'était pas très supérieur au précédent ; mais on a constaté en même temps que le même inconvénient existe pour la gomme-potasse ordinaire à la nitroglycérine. La tendance à l'exsudation que présentent les gommes 83 pour 100, sous l'action de la chaleur, tient donc probablement à une légère insuffisance de coton nitré.

Quelques essais d'exsudation sous pression ont également accusé une infériorité des gommes 83 pour 100.

En résumé, la Commission a été d'avis d'autoriser la fabrication de la gomme-potasse au nitroglycol présentée par la Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques, sous la réserve que le taux de coton nitré entrant dans sa composition serait au minimum de 5 pour 100.

Digitized by Google

RAPPORT N° 240. — *Sur deux nouveaux types de fusées grêlifuges présentés par MM. Provençal frères.*

(Étude confiée à une Sous-Commission; Rapporteur : M. DAUTRICHE.)

Par dépêche du 18 mars 1911, M. le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission, pour examen et avis, une demande formée par MM. Provençal frères, artificiers à Monteux (Vaucluse), à l'effet d'être autorisés à fabriquer deux nouveaux types de fusées grêlifuges, l'un de ces types étant un perfectionnement du type n° 3 déjà examiné par la Commission et dont la fabrication n'avait pas été admise.

La Commission ne s'est pas occupée de l'efficacité des engins présentés et son étude n'a porté que sur les questions relatives à la sécurité et à l'observation du monopole.

Douze fusées de chacun des types n° 0 et n° 3 ont été reçues par la Commission. Dix engins de chaque type ont été tirés à Achères, un autre a été réservé pour être conservé comme type à la Poudrerie de Sévran et le dernier a été démonté et examiné.

La fusée n° 0 pèse 565ᵍ. Le poids de la composition fusante est de 159ᵍ (pulvérin, charbon et salpêtre), celui de la charge d'éclatement (cheddite) est de 99ᵍ,4 et cet explosif est amorcé par un détonateur S. F. n° 8.

La fusée n° 3 pèse 1ᵍ,930. Le poids de la composition fusante est de 630ᵍ et celui de la charge d'éclatement (cheddite) est de 196ᵍ et cet explosif est amorcé par un détonateur S. F. n° 8.

Les baguettes de lancement sont reliées au corps des fusées par deux ligatures en fil de fer et pèsent 112ᵍ pour le premier type et 425ᵍ pour le second.

Les 20 fusées tirées à Achères, le 4 juillet 1911, se sont bien comportées.

Dès lors, pour les raisons développées dans des Rapports antérieurs, il a semblé qu'on pouvait autoriser la fabrication des deux nouveaux types de fusées et prescrire les mesures de sécurité prévues pour des types analogues, en ce qui concerne le tir, la détention et le transport par chemin de fer.

En conséquence, la Commission a émis l'avis que la fabrica-

Digitized by Google

tions de deux nouveaux types de fusées présentés par MM. Provençal frères pouvait être autorisée pourvu que cette fabrication fût aussi soignée que celle des échantillons qui ont été soumis à son examen.

La distance des stations de tir aux habitations pourrait être fixée à 300^{m} pour les agglomérations et à 50^{m} pour les habitations isolées.

Des mesures de sécurité, variables suivant les circonstances locales, devraient être prises pour éviter les inconvénients que pourrait présenter l'emmagasinage, dans des conditions quelconques, et pour une durée illimitée, de fusées contenant des explosifs amorcés.

Enfin, la Commission a été d'avis que, par analogie avec les décisions prises en ce qui concerne les engins de MM. Aulagne et C^{ie}, dans le cas où l'envoi des fusées Provençal paraîtrait présenter un intérêt d'ordre général suffisant, quelques transports par chemin de fer desdits engins pourraient être autorisés, sous réserve que chaque envoi ne devrait pas dépasser 100^{kg}.

Rapport n° 241. — *Sur l'unification des formules de grisoutines.*

(Étude confiée à la 1re Section; Rapporteur : M. Dautriche.)

Par dépêche du 6 juillet 1911, M. le Ministre de la Guerre a soumis à l'examen de la Commission une lettre par laquelle la Société générale pour la fabrication de la dynamite demandait à être autorisée à fabriquer, à titre définitif, les grisoutines au salpêtre et à pouvoir, en outre, employer pour les grisoutines couche et roche les dosages recommandés par la Commission du grisou.

Il a paru à la Commission qu'aucune objection ne s'opposait à l'adoption définitive des formules des grisoutines au salpêtre et que, d'autre part, l'unification des formules actuellement employées dans les diverses dynamiteries présenterait un intérêt évident et permettrait de simplifier les règlements de l'Administration des Travaux publics.

En outre, les nouvelles formules, en relevant légèrement les taux de coton azotique, diminueraient l'aptitude à l'exsudation, tout en laissant les températures de détonation très au-dessous

Digitized by Google

des limites réglementaires, de 1500° à 1900° ; elles supprimeraient l'emploi du carbonate de soude, dont la Commission a montré l'inconvénient dans les grisoutines de Billy-Berclau.

Les nouvelles formules devraient être suivies dans toutes les dynamiteries ; les trois Sociétés françaises de dynamite ont d'ailleurs fait connaître qu'elles étaient disposées à les adopter.

En résumé, la Commission a été d'avis d'accueillir favorablement la demande de la Société générale et, en remplacement de toutes les formules actuelles de grisoutines, elle a proposé d'autoriser dans les cinq dynamiteries françaises et, s'il y a lieu, dans les dynamiteries important en France les mêmes explosifs, la fabrication des quatre grisoutines suivantes :

	NITRO-GLYCÉRINE.	COTON azotique.	NITRATE d'ammoniaque.	NITRATE de potasse.
Grisoutine couche.....	12,0	0,5	87,5	»
Grisoutine couche au salpêtre.	12,0	0,5	82,5	5,0
Grisoutine roche.....	29,0	1,0	70,0	»
Grisoutine roche au salpêtre.	29,0	1,0	65,0	5,0

Rapport n° 242. — *Sur la toxicité des gaz dégagés par les explosifs de mine.*

(Étude confiée à une Sous-Commission spéciale;
Rapporteur : M. Dautriche.)

II. — Revue des travaux effectués pendant l'année 1911.

Les travaux de la Commission, pendant l'année qui vient de s'écouler, ont porté sur un assez grand nombre d'études, parmi lesquelles certaines sont terminées et d'autres restent en cours d'exécution.

Les études terminées sont comprises dans le Tableau suivant :

Digitized by Google

NUMÉROS des études.	NUMÉROS des Rapports établis.	OBSERVATIONS.
196	240	Tous ces Rapports ont été analysés plus haut.
229	239	
230	234	
235	241	
240	238	
244	237	
247	235	

D'autres études ont été continuées et ont abouti à l'établissement des Rapports analysés plus haut, mais ne sont pas encore terminées; d'autres ont été continuées et n'ont pas fait l'objet de Rapports en 1911; d'autres enfin ont été entreprises et restent en cours d'exécution.

Ces études sont les suivantes :

ÉTUDE N° 44.

Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs.

Cette étude a donné lieu à l'établissement d'une troisième Note sur le mode de détonation de la dynamite-gomme ; elle se continue.

ÉTUDE N° 157.

Étude des engins explosifs destinés à écarter la grêle.

L'étude reste en cours pour le classement des procès-verbaux d'expériences sur les engins paragrêles soumis à l'examen de la Commission et des renseignements qui lui parviendront sur le même sujet.

ÉTUDE N° 188.

Étude des fusées paragrêles de la Maison Aulagne et C^ie^.

La Commission a étudié un nouveau type de fusée présenté par la maison Aulagne et C^ie^. Le Rapport préparé par la Commission

Digitized by Google

à ce sujet a été envoyé aux inventeurs afin de recevoir leurs observations ; mais aucune réponse n'étant parvenue à la Commission, la question reste en suspens.

ÉTUDE N° 207.

Étude des propriétés des explosifs Street, après conservation.

La Commission a exécuté en 1911 deux séries d'essais de combustion à l'air libre et de combustion dans un vase ouvert sur des quantités assez considérables de l'explosif n° 41. Ces essais n'ont pas témoigné de modifications sensibles de l'explosif fabriqué en 1899.

ÉTUDE N° 220.

Accidents survenus dans l'emploi de la cheddite.

La Commission a continué à recueillir les renseignements relatifs aux accidents survenus dans l'emploi de la cheddite parvenus à sa connaissance pendant l'année.

ÉTUDE N° 221.

Mode d'emploi de la dynamite et du prométhée dans le tirage des coups de mine.

Mêmes observations que ci-dessus en ce qui concerne ces deux explosifs.

ÉTUDE N° 236.

Taxation des explosifs de mine.

Cette étude a donné lieu à de nombreux comptes rendus d'expériences, afin de s'assurer de la puissance comparative des divers explosifs. Le Rapport sur cette question est préparé et sera adressé au Ministre dans le plus court délai.

Digitized by Google

ÉTUDE N° 239.

Coloration des explosifs du type N.

Cette étude, qui a donné lieu à l'établissement du Rapport n° 236 analysé plus haut, a été continuée, à la suite d'observations de diverses Sociétés d'explosifs, et vient d'être terminée par un nouveau Rapport qui a été adressé au Ministre et sera analysé dans le prochain compte rendu.

ANNEXE.

CHANGEMENTS SURVENUS DANS LE PERSONNEL DE LA COMMISSION PENDANT L'ANNÉE 1911.

Par décision ministérielle du 12 janvier 1911, M. le lieutenant-colonel Klein, président de la Commission d'études du Génie, a été adjoint à la Commission en vue de l'étude entreprise pour la recherche d'un explosif pour galeries de mine, et, par décision ministérielle du 20 novembre suivant, M. le lieutenant-colonel Perret, successeur de M. le lieutenant-colonel Klein à la Commission d'études du Génie, a été nommé en son remplacement, pour l'étude précitée et celle de l'utilisation, pour les travaux de mines, de la force expansive des gaz liquéfiés ou comprimés.

Par dépêche ministérielle du 28 juin 1911, la Commission a été informée que M. d'Arsonval, membre de l'Institut, et M. Georges Claude, ont été adjoints temporairement à la Commission pour l'étude de l'utilisation pour les travaux de mines, de la force expansive des gaz liquéfiés ou comprimés.

Par dépêche ministérielle du 12 décembre 1911 et par application du décret du 15 juin 1911, réorganisant la Commission des substances explosives, le Ministre de la Guerre a fait connaître que, par décision du 4 décembre, il avait désigné pour faire partie de ladite Commission, en qualité de membres titulaires :

1° Comme représentant la Direction centrale des Poudres, M. Biju-Duval, ingénieur en chef, chef du Service technique, et,

Digitized by Google

comme suppléant de ce dernier, M. l'ingénieur principal Lheure.

2° Comme représentant du Ministère des Finances, M. Boizard, administrateur des Contributions indirectes.

3° M. le lieutenant-colonel Maurial, de la Section technique du Génie, en remplacement de M. le colonel Bertrand, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

4° M. l'inspecteur général Barral, directeur du Laboratoire central des Poudres, en remplacement de M. l'inspecteur général Hagron, non maintenu.

5° D'un représentant du Ministère du Commerce et de plusieurs savants spécialisés (chimistes et physiciens) qui seront désignés ultérieurement.

En conséquence, au 31 décembre 1911, l'état du personnel de la Commission était le suivant, en tenant compte des anciens membres maintenus dans leurs fonctions :

Membres titulaires :

MM.

Haller, Membre de l'Institut, *Président;*

Vieille, Inspecteur général des Poudres et Salpêtres, Membre de l'Institut, *Vice-Président;*

Barral, Inspecteur général des Poudres et Salpêtres;

Biju-Duval, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

Boizard, Administrateur des Contributions indirectes;

Bruley, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres;

Jacob, Ingénieur général d'Artillerie navale;

Le Chatelier, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut;

Lucas, Général d'artillerie, Président de la Commission de réception des poudres de guerre;

Maurial, Lieutenant-Colonel de la Section technique du Génie;

Liouville, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, *Secrétaire.*

Membres adjoints :

MM.

Bourgoin, Ingénieur en chef d'Artillerie navale;

Chesneau, Inspecteur général des Mines;

Digitized by Google

MM.

DAUTRICHE, Ingénieur des Poudres et Salpêtres;
FLEURI, Capitaine du Génie;
NICOLARDOT, Capitaine d'Artillerie;
PHILIPPON, Capitaine d'Artillerie;
PICAT, Lieutenant-Colonel d'Artillerie;
TEILLARD D'EYRY, Ingénieur général d'Artillerie navale;

Membres adjoints pour les études relatives à l'exploitation minière :

MM.

GRÜNER, Vice-Président du Comité des Houillères de France;
LODIN, Inspecteur général des Mines, membre du Comité des Arts et Manufactures;
TAFFANEL, Ingénieur des Mines.

Membres adjoints pour l'étude de l'utilisation, pour le creusement des mines, de la force expansive des gaz liquéfiés ou comprimés :

MM.

D'ARSONVAL, Membre de l'Institut;
CLAUDE;
PERRET, Lieutenant-Colonel du Génie.

Membres adjoints pour les questions se rapportant aux tirs contre la grêle :

MM.

ANGOT, Professeur à l'Institut agronomique;
DABAT, Directeur au Ministère de l'Agriculture;
VIOLLE, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Vu :
Le Président,
A. HALLER.

Paris, le 9 mai 1912.
Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT N° 237.
SUR L'EXPLOSIF CHLORATÉ « MINÉLITE » (1).

Par dépêche n° 10606/6 du 26 novembre 1910, M. le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'une demande formée à l'effet d'obtenir la fabrication par l'État d'un nouvel explosif au chlorate de potasse dénommé *Minélite*.

M. le Ministre demande l'avis de la Commission sur les garanties présentées par cet explosif en ce qui concerne la fabrication, la conservation et l'emploi.

Les trois types proposés sont les suivants :

	A.	B.	C.
Chlorate de potasse.....	90	90	89
Huile lourde de pétrole.....	3	»	»
Vaseline.....	»	3	4
Paraffine.....	7	7	5
Brai.....	»	»	2

La minélite se rapproche beaucoup de l'explosif n° 4 récemment mis en vente par l'État avec la composition suivante :

Chlorate de potasse... 90 / Paraffine..... 10 \ Étude n° 225, rapport n° 218 du 14 oct. 1909.

Le Tableau suivant donne la consommation française en explosifs chloratés pendant l'année 1910 et le premier trimestre 1911.

(1) Explosif type O n° 6. (*Note de la Rédaction.*)

Digitized by Google

	CHEDDITES			PROMÉTHÉE O n° 3.	EXPLOSIF à la paraffine O n° 4 (2).
	O n° 1. Ancien dosage au chlorate de potasse.	O n° 2. Nouveau dosage au chlorate de potasse.	O n° 5. Nouveau dosage au chlorate de soude (1).		
	kg	kg	kg		kg
1er trimestre 1911..	38 100	943 350	»	94 700	1 025
Année 1910.....	8 000	253 900	20 200	10 401	»

(1) Première livraison, le 6 mars 1911.
(2) Première livraison, le 20 septembre 1910.

D'après le dossier communiqué, la fabrication de la minélite peut se faire soit comme celle des cheddites, soit en malaxant à chaud, à 0° environ, les éléments combustibles et comburants ; on obtient ainsi un explosif un peu moins cher que la cheddite, de puissance comparable et qui présente le grand avantage de ne pas dégager de gaz toxiques pour les ouvriers pendant la fabrication, ni pour les mineurs à la suite de son explosion ; enfin la minélite présente une plus grande insensibilité aux chocs, et les types A et B sont tout à fait incombustibles

Compte rendu des essais.

Examen des échantillons. — La Poudrerie de Sevran a reçu, le 7 janvier 1911, 10kg de chacun des trois types de minélite. Chaque échantillon comprend 4 flacons de 1kg de grains, 4 flacons de 1kg de poussier, 20 cartouches de 50g de grains et 15 cartouches de 65g de poussier.

	Type A.	Type B.	Type C.
Couleur.....	jaune foncé	blanc	brun noirâtre
Humidité pour 100.....	0,05	0,04	0,09
Consistance des grains.....	s'écrasent facilement sous la pression des doigts		
Densité réelle des grains.....	1,92	1,90	1,84
Densité gravimétrique des grains.	0,75	0,79	0,78

Combustion. — Dans une gouttière métallique de 18mm, les

Digitized by Google

trois minélites s'allument difficilement au bec Bunsen, et la combustion s'arrête en général dès qu'on retire la flamme du gaz. Toutefois, le type C propage un peu mieux que les deux autres. Au point de vue de la propagation de la flamme, les minélites se rapprochent donc beaucoup de l'explosif chloraté O n° 4.

Travail dans le plomb. — Dans le bloc de plomb de 70^{kg}, canal de 125^{mm} de profondeur et 25^{mm} de diamètre, chargé avec 10^{g} d'explosif et 1^{g},50 de fulminate, on a obtenu les résultats suivants :

DÉSIGNATION de l'explosif.	RAPPORT $\frac{\Delta V}{P}$.	COEFFICIENT CORRIGÉ RAPPORTÉ à l'acide picrique.	COEFFICIENT CORRIGÉ RAPPORTÉ à la cheddite O n° 2.	OBSERVATIONS.
Série 34 de blocs de plomb.				
Acide picrique.....	22,0-22,2	100	»	
Cheddite O n° 2, Vosges, décembre 1909..	17,9-17,7	85	100	
Minélite A.....	14,5-14,2	74	86	
Minélite B.....	11,4	»	»	matières trop tassées, détonation incomplète.
Série 35.				
Acide picrique.	24,7-24,5	100	»	
Minélite B.....	15,6-15,3	72	»	
Minélite C.....	16,0-16,3	74	»	

Dans le plomb, la puissance des minélites est donc sensiblement la même que celle de l'explosif O n° 4 à la paraffine.

Vitesses de détonation et sensibilité à l'amorce. — Les essais ont été faits soit dans des tubes de cuivre de 20^{mm} à 22^{mm} de diamètre et 18^{cm} de longueur, soit dans des tubes de papier de 29^{mm} de diamètre et 18^{cm} de longueur environ; les explosifs étaient amorcés avec 1^{g},50 de fulminate pur et l'on mesurait les vitesses de détonation sur une longueur de 80^{mm} à l'aide d'un cordeau détonant échantillon de 1907 S. L. (V = 6880^{m}).

Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	PRESSION totale d'encartouchage.	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSE de détonation.	OBSERVATIONS.
Minélite A, *poussier; tubes de cuivre de* 20^{mm}-22^{mm}.				
	kg		m	
	0,28	0,87	2800	
	1,00	0,99	2930	
	3,00	1,17	3125	
14 février 1911.	10,00	1,24	3235	
	22,00	1,38	»	L'explosif ne détone que sur 6^{cm} environ.
	41,00	1,52	»	L'explosif ne détone que sur 5^{cm} environ.
	0,18	0,89	2435	
	0,28	0,95	2835	
	5,00	1,20	3235	
24 mars 1911.	15,00	1,39	3125	
	22,00	1,45	»	L'explosif ne détone que sur 5^{cm} environ.
	0,18	0,87	2395	
25 mars 1911.	10,00	1,27	3355	
	15,00	1,39	»	L'explosif ne détone que sur 9^{cm} environ.
Minélite A, *poussier; tubes de papier de* 29^{mm}.				
	5,00	1,08	2670	
	10,00	1,19	2835	
18 février 1911.	15,00	1,25	»	L'explosif ne détone que sur 3^{cm} environ.
	20,00	1,28	»	L'explosif ne détone que sur 3^{cm} environ.
	10,00	1,19	2895	
24 mars 1911.	15,00	1,24	»	L'explosif ne détone que sur 5^{cm} environ.
Minélite A, *grains; tubes de cuivre de* 20^{mm}-22^{mm}.				
	0,58	0,87	2150	
	5,00	1,12	2415	
	8,00	1,20	2550	
9 mars 1911.	12,00	1,29	3025	
	15,00	1,33	2480	
	22,00	1,35	»	L'explosif ne détone que sur 10^{cm} environ.

Digitized by Google

DATE DE L'ESSAI.	PRESSION totale d'encartouchage	DENSITÉ de l'explosif.	VITESSE de détonation.	OBSERVATIONS.
Minélite A. *grains; tubes de cuivre de* 20mm-22mm (suite).				
20 mars 1911.	kg 12,00	1,30	2895 m	
23 mars 1911.	0,28	0,85	2100	
	5,00	1,17	2415	
	10,00	1,27	2750	
Minélite B, *poussier; tubes de cuivre de* 20mm-22mm.				
15 février 1911.	0,28	0,97	2350	
	1,00	1,07	2895	
	5,00	1,24	3235	
	10,00	1,33	3090	
	22,00	1,45	»	L'explosif ne détone que sur 9cm environ.
	41,00	1,57	»	L'explosif ne détone que sur 4cm environ.
20 mars 1911.	0,28	1,00	2925	
	1,00	1,12	2925	
	3,00	1,26	3165	
23 mars 1911.	0,29	1,02	2585	
	1,00	1,14	2910	
	5,00	1,30	3180	
	10,00	1,41	»	Détonation complète, vitesse non mesurée.
	10,00	1,38	3160	
Minélite C, *poussier; tubes de cuivre de* 20mm-22mm.				
16 février 1911.	5,00	1,28	3125	
	10,00	1,37	»	L'explosif ne détone que sur 5cm environ.
	22,00	1,48	»	L'explosif ne détone que sur 4cm environ.

Si l'on compare ces résultats à ceux qui ont été antérieurement obtenus avec l'explosif O n° 4 (Rapport n° 218, étude n° 225), on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, les densités limites des minélites sont inférieures d'au moins 0,10 à celles de l'explosif O n° 4.

Digitized by Google

Compressibilité. — On voit également que les minélites sont un peu plus compressibles que l'explosif O n° 4.

Prix de revient. — Le prix de revient des minélites paraît devoir être identique à celui de l'explosif O n° 4.

Résumé et conclusions.

Par leur composition, leur incombustibilité, leur puissance et leur prix de revient, les minélites sont très voisines de l'explosif O n° 4; mais elles sont un peu plus compressibles et leurs densités limites sont un peu plus faibles.

La Commission est d'avis que ces deux explosifs présentent sensiblement les mêmes garanties en ce qui concerne la fabrication et la conservation, mais que la modification apportée au dosage de l'explosif O n° 4 diminue son aptitude à la détonation.

Paris, le 27 avril 1911.

Le Rapporteur,
H. DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des substances explosives, dans sa séance du 27 avril 1911.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
A. HALLER.

Digitized by Google

COMMUNICATIONS DIVERSES.

Sous la rubrique *Communications diverses*, le *Mémorial* publiera :

Chapitre I. — Des questions ou critiques ayant pour objet soit de provoquer des éclaircissements ou explications de la part des aauteurs d'articles déjà parus, soit de susciter de fructueux échanges d'idées entre les lecteurs sur toute question nouvelle.

Chapitre II. — Les réponses faites aux questions posées ou aux critiques adressées aux auteurs.

Toute Communication à insérer dans cette partie du *Mémorial* devra parvenir au Président du Comité de direction signée de son auteur, comme d'ailleurs tout Mémoire adressé au *Mémorial.*

Cependant, afin de laisser la plus grande liberté possible pour la polémique, le Comité de direction publiera la Communication soit sans signature, soit sous la signature vraie ou sous un pseudonyme, au gré de l'auteur.

FIN DU TOME XVI.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE.

Pages.

Commission des substances explosives. — Extrait d'un rapport n° 228 : Sur un nouveau type d'explosif 1

Extrait d'un rapport n° 230 : Sur un explosif N à 5 pour 100 de salpêtre. 14

Rapport de la Commission centrale du Service des poudres de chasse françaises et étrangères 21

Note sur quelques propriétés de trois explosifs (acide picrique, trinitrotoluène et trinitrobenzine), par M. H. DAUTRICHE 27

Note sur la décomposition du trinitrotoluène sous l'influence de la chaleur, par M. VEROLA 40

Compte rendu des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1910. (Extrait) 52

Étude des améliorations hygiéniques à apporter dans l'industrie des poudres et explosifs, par M. le Dr COURTOIS-SUFFIT 187

Commission des substances explosives. — Compte rendu des travaux pendant l'année 1911. (Extrait) 205

Commission des substances explosives. — Rapport n° 237 : Sur l'explosif chloraté « Minélite » 224

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE.

Commission des substances explosives : Extrait d'un Rapport sur un nouveau type d'explosif proposé par la *Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques*, 1; Rapport sur un explosif N à 5 pour 100 de salpêtre, 14; Compte rendu des travaux pendant l'année 1910, 52; Compte rendu des travaux pendant l'année 1911, 205; Rapport sur l'explosif chloraté *Minélite*, 224; Rapports divers : *Voir* **Dautriche**.

Courtois-Suffit : Étude des améliorations hygiéniques à apporter dans l'industrie des poudres et explosifs, 187.

Dautriche : Rapport sur un nouveau type d'explosif proposé par la *Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques*, 1; Rapport sur un explosif N à 5 pour 100 de salpêtre, 14; Note sur quelques propriétés de trois explosifs (acide picrique, trinitrotoluène, trinitrobenzine), 27; Rapport sur les grisoutines au nitrate de soude de la *Société générale pour la fabrication de la dynamite*, 52; Rapport sur les naphtites de la *Société générale pour la fabrication de la dynamite*, 54; Rapport sur un nouveau type de dynamite n° 2 présenté par la *Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques*, 58; Rapport sur le mode d'emploi du Prométhée, 59; Rapport sur un nouveau type d'explosif présenté par la *Société anonyme d'explosifs et de produits chimiques*, 63; Rapport sur un nouveau type de cheddite à base de chlorate de soude, 66; Rapport sur un explosif N à 5 pour 100 de salpêtre, 69; Rapport sur les bombes paragrêles présentées par *M. Jensolen*, 70; Rapport sur les dynamites au nitroglycol, 72; Rapport sur l'emploi du pulvérin comme poudre de mine, 74; Rapport sur l'étude d'un dépôt de dynamite de 50^{kg}, 205; Rapport sur les fusées grêlifuges présentées par *M. Paitre*, 207; Rapport sur la coloration des explosifs au nitrate d'ammoniaque, 209; Rapport sur l'explosif chloraté *Minélite*, 211; Rapport sur un type de dynamite-gomme au nitroglycol, 214; Rapport sur deux nouveaux types de fusées grêlifuges présentés par *M. Provençal*, 216; Rapport sur l'unification des formules grisoutines, 217; Rapport sur la toxicité des gaz dégagés par les explosifs de mine, 218; Rapport sur l'explosif chloraté *Minélite*, 224.

Gourgaud (Baron) : Rapport de la Commission centrale du Service des poudres de chasse françaises et étrangères, 21.

Verola : Note sur la décomposition du trinitrotoluène sous l'influence de la chaleur, 40.

Digitized by Google

PARIS, IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

46958 QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

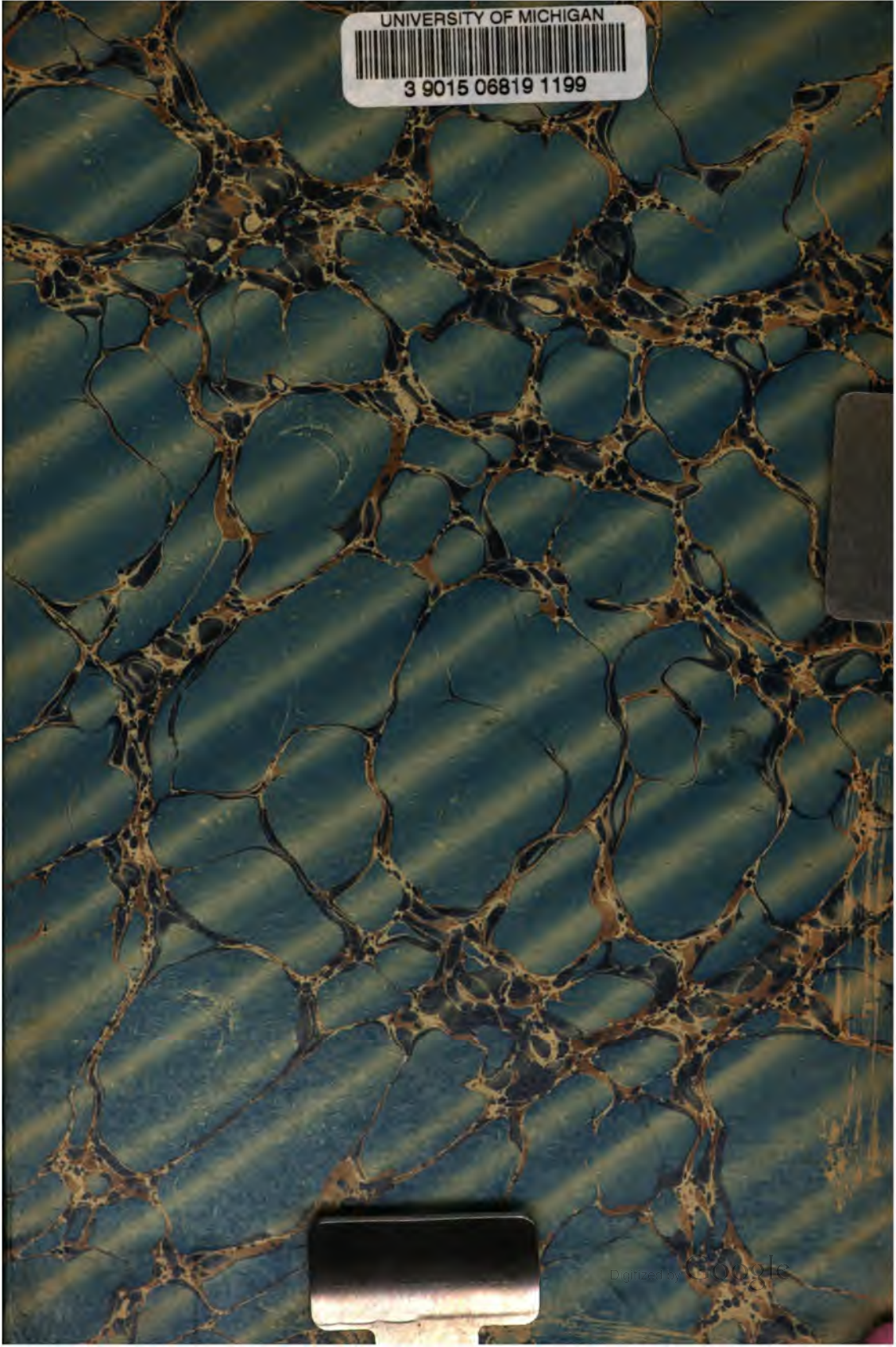
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06819 1199
Digitized by Google

Digitized by Google